Industrie Canada | Industry Canada

> CARTE ROUTIÈRE TECHNOLOGIQUE

>> L'énergie électrique canadienne

PRÉVISIONS

Canada

102-05319/

Carte routière technologique pour l'énergie électrique canadienne
Prévisions

Mars 2000

La ***Carte routière technologique pour l'énergie électrique canadienne : Prévisions*** est diffusée sous forme électronique sur le site Web *Strategis* d'Industrie Canada (**http://strategis.ic.gc.ca/crt**).

Pour en obtenir des exemplaires supplémentaires, s'adresser aux :

Services de distribution
Industrie Canada
Bureau 205D, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5
Téléphone : (613) 947-7466
Télécopieur : (613) 954-6436
Courrier électronique : **publications@ic.gc.ca**

Pour obtenir de plus amples renseignements sur la Carte routière technologique pour l'énergie électrique canadienne, communiquer avec la :

Direction générale des technologies de fabrication et de transformation
Industrie Canada
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5
Téléphone : (613) 954-3398
Télécopieur : (613) 941-2463
Courrier électronique : **akers.peter@ic.gc.ca**

Cette publication est aussi offerte sur demande dans une présentation adaptée à des besoins particuliers.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Industrie Canada) 2000
N° de catalogue C2-487/2000F
ISBN 0-662-84554-4
ISSN 0381-7733
53017F

Also available in English under the title: Canadian Electric Power Technology Roadmap: Forecast

TABLE DES MATIÈRES

1 Aperçu 1

1.1 Historique 1
1.2 Méthodologie 2
1.3 Facteurs affectant le marché 3

2 Optimisation des actifs – Production 6

2.1 Profil actuel de l'industrie 6
2.2 Vision 2020 12
2.3 Domaines de technologie critique 18

3 Optimisation des actifs – Transmission et distribution 24

3.1 Profil actuel de l'industrie 24
3.2 Vision 2020 26
3.3 Domaines de technologie critique 26

4 Réseaux intelligents de livraison de l'électricité 30

4.1 Profil actuel de l'industrie 30
4.2 Vision 2020 31
4.3 Domaines de technologie critique 34

5 Efficience des utilisations finales et convergence . 37

5.1 Profil actuel de l'industrie 37
5.2 Vision 2020 39
5.3 Domaines de technologie critique 41

6 Production à petite échelle et énergie renouvelable 52

6.1 Profil actuel de l'industrie 52
6.2 Vision 2020 57
6.3 Domaines de technologie critique 64

7 Conclusion 66

Annexes

A – Participants au lancement 68
B – Participants aux groupes de travail 69

1 APERÇU

Au sein d'un marché de plus en plus déréglementé et concurrentiel, l'industrie canadienne de l'électricité doit se préparer à faire face à de nouvelles situations. À l'avenir, l'énergie sera considérée comme un produit de base. L'accroissement de la concurrence amènera de nouveaux intervenants et de nouveaux partenariats, de nouveaux produits et de nouvelles entreprises mais, avant toute chose, l'apparition d'un impératif essentiel : la rentabilité.

L'industrie est en évolution. Elle passe de la recherche de sources d'alimentation principalement centrées sur la production et caractérisées par la sécurité et les réserves d'énergie à une démarche de plus en plus axée sur la clientèle, les impératifs économiques et l'optimisation d'une production écologique d'énergie.

L'un des éléments essentiels du succès dans ce nouvel environnement est l'état de préparation technologique. Chaque contexte industriel exige de porter une attention accrue à la technologie maintenant considérée comme une force critique; l'industrie canadienne de l'électricité ne fait pas exception à cette règle. On peut résumer les défis qui se posent à l'industrie canadienne en trois questions :

- Comment réduire le risque d'investissement dans la recherche-développement (R-D)?
- Comment faire correspondre l'investissement en R-D au vrai potentiel de commercialisation?
- Comment soutenir un progrès technologique et commercial pertinent tout en se basant sur les compétences et les capacités existantes?

Pour répondre à ces questions, il faut pouvoir se baser sur des prévisions technologiques. Le présent document fournit une base sur laquelle établir une carte routière technologique canadienne de l'électricité.

1.1 Historique

C'est en mars 1998, lors d'une réunion des principaux responsables des services publics canadiens d'électricité, qu'un exercice de prévisions technologiques portant sur l'énergie électrique canadienne a été lancé. Le lecteur trouvera à l'annexe A la liste des participants au lancement de cet exercice. Lors de cet atelier, on a discuté du concept prévisionnel en se guidant sur l'expérience américaine.

La première étape durant cet exercice a été de sélectionner, pour analyse en profondeur, les grands enjeux sur lesquels l'industrie canadienne doit se pencher. Le processus de sélection a commencé par l'examen de données exhaustives tirées des études mondiales Delphi, qui se poursuivent depuis 1995 sous la direction des professeurs Louis Lefebvre et Élisabeth Lefebvre de l'École polytechnique de Montréal. Après avoir analysé ces études sur les tendances de l'économie, du marché et de la concurrence pour l'industrie de l'électricité et avoir dressé leur synthèse, on a défini les principaux facteurs qui influencent les marchés, la concurrence et la technologie. Ensuite, un sondage préliminaire des principaux intervenants canadiens de l'industrie a permis de valider la pertinence des grands enjeux. Leurs commentaires et leurs suggestions ont été intégrés dans la sélection finale des enjeux à étudier.

Les dix principales questions à étudier, aux yeux des représentants de l'industrie, sont :

- le rééquipement des usines existantes de production d'électricité et des réseaux de transmission et de distribution;

- la production plus écologique d'électricité à partir de carburants fossiles;
- la livraison de l'électricité de façon intelligente, fiable, télécommandée et servant à de nombreux usages;
- la convergence dans la livraison de services multiples;
- l'utilisation efficiente de l'énergie ou l'efficience des utilisations finales;
- la qualité de l'énergie;
- les sources renouvelables d'énergie;
- la production distribuée à petite échelle;
- l'énergie nucléaire;
- les véhicules de l'avenir, propulsés par des carburants électriques, hybrides ou de rechange.

À partir de cette liste, les participants à l'atelier ont choisi quatre enjeux (en combinant certains enjeux les uns avec les autres) afin d'élaborer des prévisions technologiques :

- l'optimisation des actifs;
- les réseaux intelligents de livraison de l'électricité;
- l'efficience des utilisations finales et la convergence;
- la production à petite échelle et l'énergie renouvelable.

Des groupes de travail ont été formés pour analyser ces quatre enjeux. Le groupe de travail sur l'optimisation des actifs s'est par la suite divisé afin de s'intéresser à deux aspects de cet enjeu : d'une part, la production et d'autre part, la transmission et la distribution.

1.2 Méthodologie

Une carte routière technologique est essentiellement un exercice pour tenter de comprendre quelles seront les exigences futures du marché en ce qui touche les produits et services, permettant ainsi aux entreprises qui constituent l'industrie d'aujourd'hui de prendre les décisions d'investissement en R-D nécessaires pour satisfaire ce marché futur. Il s'agit d'un projet mené par l'industrie et centré sur l'effet d'entraînement des marchés plutôt que sur les exigences de la technologie.

Les cartes routières technologiques offrent une vision à long terme des technologies, de la direction des productions et des calendriers. Elles permettent aussi l'intégration de diverses interdépendances entre la technologie, les tendances du marché et les caractéristiques d'un environnement concurrentiel. Ces cartes routières adoptent généralement un processus structuré, multidisciplinaire et global, combinent les analyses technologiques et commerciales et représentent des outils stratégiques précieux aux yeux des entreprises et des organismes (privés comme publics), ainsi que pour les regroupements d'entreprises et les industries dans leur ensemble.

Ainsi, l'objectif d'une prévision technologique permet, entre autres :

- de réduire le risque d'investissement technologique;
- d'identifier et de saisir de futurs débouchés;
- de réagir aux diverses menaces concurrentielles;
- de renforcer l'infrastructure technologique;
- de cerner les technologies, les compétences et les capacités essentielles dont on aura besoin;

- d'intégrer la chaîne d'approvisionnement (en amont comme en aval) au processus de planification.

Chacun des groupes de travail a analysé son enjeu dans la perspective de la demande du marché en 2020 :

- Quels produits et services les consommateurs demanderont-ils?
- Les consommateurs seront-ils les mêmes?
- Les fournisseurs seront-ils ceux que l'on connaît aujourd'hui?
- Les produits seront-ils reconnaissables par les consommateurs d'aujourd'hui?

Cette orientation analytique fondée sur les marchés futurs a donné lieu au présent rapport. On y prévoit les domaines technologiques auxquels l'industrie devra s'intéresser, compte tenu des exigences du marché de 2020.

Chaque chapitre du présent rapport examine l'un des grands enjeux cernés par le groupe de base et analysés par les quatre groupes de travail, tel qu'expliqué dans l'Historique, ci-avant. Chaque groupe de travail était composé d'un ensemble différent de représentants de l'industrie, mais chacun a abordé son enjeu à partir de la même perspective analytique fondée sur les besoins futurs du marché. Le lecteur trouvera à l'annexe B la liste des participants aux differentes groupes de travail.

Compte tenu de l'enjeu particulier et de la composition des différents groupes de travail, certains écarts se sont produits dans la façon dont les chapitres sont présentés. Ainsi, les questions cernées par le groupe de travail sur l'optimisation des actifs de transmission et de distribution ressemblent grandement à celles cernées par le groupe de travail sur les réseaux intelligents de livraison de l'électricité, ce qui a entraîné certains chevauchements. Certaines technologies ont également été identifiées par plusieurs groupes de travail, notamment les technologies de l'information essentielles à bon nombre de questions, et il y a donc là aussi un certain chevauchement. Enfin, le groupe de base a reconnu qu'il y a un plus grand nombre d'enjeux que ceux discutés dans le présent rapport. Par exemple, l'avenir de la production nucléaire est très important pour l'industrie de l'électricité. Cependant, dans le cadre de ces premières prévisions technologiques, le groupe de base a décidé que l'industrie devrait s'intéresser principalement aux quatre enjeux décrits dans l'Historique.

1.3 Facteurs affectant le marché

Aujourd'hui, l'électricité est une source d'énergie relativement bon marché et fiable. L'énergie électrique est fournie par des monopoles provinciaux à un prix avoisinant le coût de production. Ellet contribue à la croissance économique et offre des avantages sociaux aux provinces. Il n'y a pas de concurrence entre les fournisseurs et les options d'achat sont très limitées. L'électricité est devenue « une nécessité de la vie moderne» et on la livre automatiquement, c'est-à-dire sans que le consommateur n'ait à en prendre la décision. En outre, l'électricité est généralement disponible sur demande, peu importe la qualité et l'heure. Le prix de l'électricité est fixé par l'autorité de réglementation en fonction du coût d'approvisionnement.

Cependant, le marché de l'énergie et les fournisseurs de produits et services énergétiques doivent faire face à des changements fondamentaux causés par trois facteurs importants, lesquels continueront plus ou moins d'orienter l'industrie, jusqu'en 2020 et au-delà. Ces grands facteurs sont :

- le coût et la concurrence;
- les enjeux environnementaux;
- les choix des consommateurs.

Le coût et la concurrence

En 2020, la déréglementation et l'ouverture des marchés de l'électricité à la concurrence changeront la façon dont les fournisseurs traditionnels d'énergie font affaire. L'industrie de l'électricité attirera de nouveaux intervenants, qui offriront de nouveaux produits, de nouveaux services et de nouvelles capacités. La possibilité de transporter l'énergie d'un domaine de juridiction à un autre et la séparation des acheteurs et des vendeurs ouvrira de nouveaux marchés, ce qui fait que des marchés auparavant captifs seront désormais ouverts à une certaine concurrence. Cette concurrence potentielle forcera tous les services publics à bien comprendre quels sont les coûts, les revenus et les indices de rentabilité de chaque segment de leur entreprise.

Ainsi, les fournisseurs d'énergie devront faire face à de très fortes pressions en matière de prix. Le transfert fréquent de consommateurs à la recherche du fournisseur ayant le plus bas prix provoquera de grandes incertitudes. On verra naître une demande pour des systèmes très efficients, économiques et souples. De plus, le fournisseur d'énergie se verra assujetti à des risques financiers d'investissement en capital, risques associés aux ajouts de capacité. Cela aura pour conséquence de favoriser des projets moins dépendants du capital et des échéanciers de construction plus brefs. Les systèmes d'énergie renouvelable et de production d'électricité à petite échelle exigeront moins de capitaux et nécessiteront des délais d'installation inférieurs à ceux des systèmes centraux. Il en résultera des risques moindres pour le fournisseur. En outre, il y aura un grand nombre de sites idéaux pour l'exploitation de la chaleur résiduelle. L'utilisation très efficace des carburants fera chuter les prix. La production locale d'électricité permettra d'éviter les coûts et les pertes encourus lors de la transmission et de la distribution et pourra même servir à retarder les mises à niveau des systèmes de transmission et de distribution (en apportant une nouvelle charge à partir d'un générateur local plutôt qu'en construisant de nouveaux équipements de transmission et de distribution).

Les fournisseurs d'équipements et de services ne seront plus en mesure de s'appuyer sur leurs rapports traditionnels avec les consommateurs, rapports qui leur permettent aujourd'hui de concevoir et de planifier conjointement des produits spécialisés. La diminution des prix et des délais, les garanties de rendement et les services de soutien prendront une importance critique. Il pourra devenir plus rentable d'opérer et d'entretenir l'équipement que de le vendre. Les équipements pourront au moyen de logiciels effectuer des autodiagnostiques et, peut-être, se réparer eux-mêmes. L'industrie devra composer avec des regroupements stratégiques, des partenariats et des fusions, visant globalement l'exploitation de synergie et la réduction des risques. Cette globalisation de tous les aspects de l'industrie ainsi que de tous les secteurs de l'économie poussera les compagnies à chercher des solutions écono-miques pour tous les secteurs de leur organisation.

En plus d'affronter la concurrence et la déréglementation, tous devront faire face à la discipline financière exigée de chaque compagnie privée. Peu importe que les sociétés d'État soient privatisées, tous les intervenants de ce nouvel environnement devront faire preuve d'une attention de tous les instants à la question de la rentabilité. Les communications instantanées, par Internet, permettront aux investisseurs de déplacer rapidement et efficacement leurs capitaux. Par conséquent, les compagnies qui connaîtront du succès seront celles qui s'intéresseront avant tout à la valeur à offrir aux actionnaires et à celle des marchés des actions.

Enjeux environnementaux

Peu importe que les signataires du protocole de Kyoto s'acquittent de leurs engagements ou pas, l'importance de l'environnement comme

facteur de prise de décision dans tous les secteurs de l'économie sera évident pour tous en 2020. En ce qui touche l'industrie de l'électricité, cela s'exprimera tout particulièrement par le volume des émissions de gaz à effet de serre. Il faudra probablement des politiques gouvernementales pour créer des mécanismes de marché afin de récompenser le recours à des sources « propres » d'énergie, par exemple, en alignant les coûts sur un mode de comparaison avec les sources « sales ». Il ne fait aucun doute toutefois que les enjeux environnementaux seront un facteur essentiel pour cette industrie, tout comme pour d'autres secteurs.

Il y aura davantage d'interventions gouvernementales pour réglementer les émissions de gaz à effet de serre et l'utilisation de l'eau. Les particules, le mercure, les métaux lourds, les oxydes de soufre (SOx), la protection des poissons migrateurs, la sécurité des barrages et la gestion des bassins versants feront l'objet d'une attention accrue du public et d'une réglementation plus sévère. Les restrictions quant à l'utilisation des terres, tout particulièrement celles qui sont en rapport avec les grands réservoirs hydrologiques, seront également un obstacle à la construction de nouveaux projets hydro-électriques. Les normes environnementales pourraient également, dans certains marchés, être un obstacle à la construction de nouvelles installations.

Choix des consommateurs

Le consommateur aura le haut du pavé. Il exigera de plus en plus des fournisseurs de services d'électricité qu'ils atteignent des niveaux de rendement que les services publics d'aujourd'hui n'ont pas encore prévu. Les consommateurs exigeront des solutions totales en matière énergétique permettant l'alimentation en électricité et en chauffage, l'ingénierie de systèmes étant fournie par le fournisseur d'énergie. On n'acceptera pas de systèmes non fiables; les consommateurs changeront de fournisseur aussi aisément qu'ils changent aujourd'hui de compagnie de téléphone. Le réseau Internet offrira aux consommateurs l'information recherchée pour faire les meilleurs choix aussi bien en matière de prix, de qualité que de préférence, face à diverses caractéristiques spéciales telle que la convivialité environnementale des sources d'énergie.

Par exemple, la qualité de l'énergie sera absolument critique pour certaines industries utilisant des contrôles électroniques délicats, là où même de petites irrégularités électriques peuvent causer la fermeture d'un système et coûter cher, aussi bien en argent qu'en temps. Les clients industriels et institutionnels paieront davantage pour obtenir une énergie améliorée en matière de qualité et de fiabilité des entreprises locales de distribution et de production, si les systèmes de transmission et de distribution en vrac n'arrivent pas à respecter les normes espérées. Le consommateur ne se préoccupera pas du moyen de production de l'énergie ou de l'identité du fournisseur, tant que l'énergie possède les attributs requis. Si l'on prend pour modèle l'industrie actuelle de services téléphoniques, en 2020, il y aura en place des produits qu'on ne peut pas encore imaginer et des moyens de régler des problèmes à venir, dont on ne connaît pas encore la nature. Les entités qui comprennent les consommateurs et leurs besoins seront celles qui prospéreront. Celles qui ne les comprennent pas disparaîtront.

2 OPTIMISATION DES ACTIFS - PRODUCTION

2.1 Profil actuel de l'industrie

La réalité actuelle permet de constater que les services publics canadiens d'électricité se trouvent à diverses étapes de transition. On passe maintenant d'un rôle d'« obligation de servir » à un rôle consistant à fournir une commodité compétitive dans un marché ouvert. Le marché de l'électricité de l'avenir différera grandement de celui du tournant du millénaire. Les consommateurs changent. Les produits et les valeurs auxquels ces produits s'associent évoluent également. Les services publics eux-mêmes doivent s'ajuster à tous ces changements.

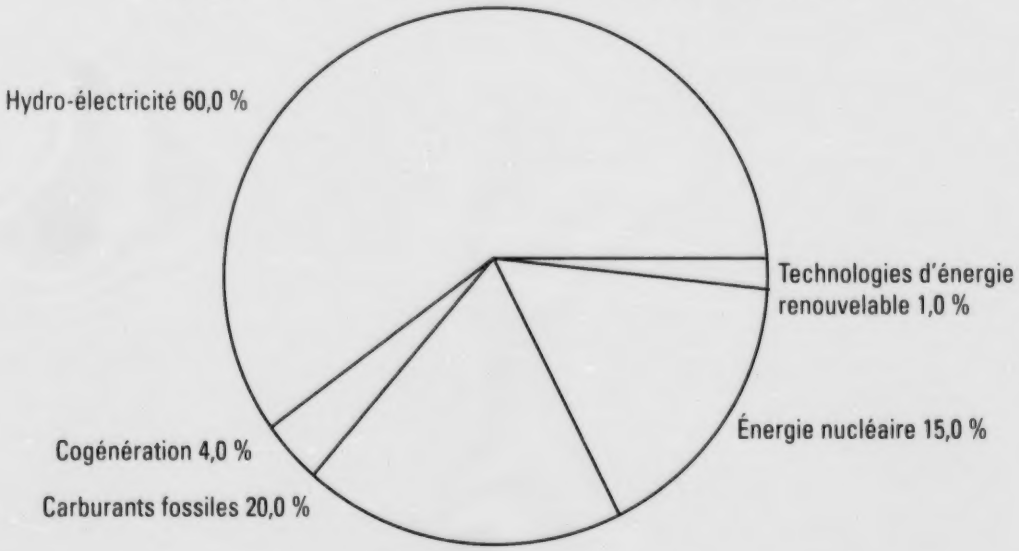
La distribution actuelle de l'électricité selon la source d'approvisionnement varie d'un bout à l'autre du pays (figure 2.1). En tout premier lieu vient la production hydro-électrique – surtout en Colombie-Britannique, au Manitoba et au Québec – qui répond à presque tous les besoins. La production d'électricité par énergie nucléaire représente également une part importante, soit environ 50 p. 100, des besoins en Ontario. Les carburants fossiles, surtout le charbon, fournissent une part à peu près égale de l'électricité que la production nucléaire. Les principaux utilisateurs de charbon sont l'Alberta, la Saskatchewan, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et l'Ontario. Les technologies reliées à l'énergie renouvelable et à la cogénération fournissent une toute petite partie de l'approvisionnement global.

Clients

Les clients des services publics d'électricité, un monopole verticalement intégré, sont assez facilement définissables. On peut les classer en quatre catégories de clients franchisés : les clients industriels directs, les services publics municipaux d'électricité, la clientèle directe de détail et la clientèle des régions éloignées. Mentionnons également les ventes à l'exportation, de service public à service public.

Les clients industriels directs sont de très grandes sociétés qui consomment typiquement de gros volumes de capacité (mesurés en mégawatts), utilisent de grandes quantités d'énergie (mesurées en mégawatts-heures) et

Figure 2-1. Sources canadiennes d'électricité à l'heure actuelle



s'approvisionnent en électricité à des niveaux élevés de voltage. Ils paient selon une série de barèmes à taux fixe sur lesquels ils ont peu de contrôle, quand ils en ont. Même si ces clients paient leur électricité moins cher que les clients au détail, ils ont souvent l'impression qu'ils subventionnent le secteur du détail et parfois s'intéressent à la cogénération ou encore à un approvisionnement indépendant d'électricité, sur les lieux. Cependant, ces clients s'estiment, ou sont de fait, souvent bloqués dans ces avenues par les services publics ou encore par diverses exigences réglementaires. Ces clients exigent une très grande fiabilité des produits et, dans certain cas, une qualité élevée. Ils hésitent à dépenser des sommes considérables et des ressources sur des entreprises secondaires telles que des installations internes de production d'électricité.

Les services publics municipaux d'électricité fournissent des systèmes de distribution d'électricité à de gros clients industriels et de détail situés au sein de ces municipalités. Essentiellement, ces services obtiennent l'électricité de services publics de production et de transmission verticalement intégrés et réduisent le voltage à des niveaux permettant la distribution dans leur propre système. Ces services publics municipaux peuvent être de propriété et de fonctionnement privés ou encore gouvernementaux. Ils sont habitués à des barèmes de prix très simples pour l'achat de leur électricité – en matière de taux et de capacité de l'énergie, en période de pointe comme en période creuse – et à des systèmes d'approbation des prix courants. Ils ont très peu de contrôle, s'ils en ont, sur les coûts de leur approvisionnement en électricité. Leur principal intérêt réside dans la conception et l'exploitation d'un système de distribution leur permettant un approvisionnement local fiable, à peu de frais.

La clientèle directe de détail se compose généralement de clients résidentiels et de petits clients industriels ou commerciaux encore desservis par le principal système électrique en place, mais situés à l'extérieur des zones d'influence des services publics municipaux d'électricité. Essentiellement, ces clients peuvent recourir sous une forme ou une autre à un fournisseur par défaut – souvent le service public franchisé et verticalement intégré de la province ou de la région. Ils paient des prix substantiellement plus élevés que leurs collègues en milieu urbain, mais sont encore habituellement subventionnés par le système global ou reçoivent des subventions gouvernementales.

Les clients des régions éloignées sont généralement desservis par des systèmes de production et de distribution locaux éloignés et non connectés. Un grand nombre de ces clients demeurent dans des collectivités du Nord du pays accessibles par la voie des airs. Ces clients font appel à de petites génératrices locales, coûteuses et fonctionnant au diesel. Les coûts de production sont très élevés, souvent de deux fois à dix fois ceux des consommateurs alimentés par les grilles municipales de distribution. Les prix sont également élevés, mais les clients sont généralement subventionnés par les clients des systèmes de répartition par grille du fournisseur franchisé ou reçoivent des subventions gouvernementales. Ces clients sont tout désignés pour les essais et l'utilisation de technologies relatives aux sources renouvelables d'approvisionnement et tributaires de coûts en capitaux élevés. On considère la production d'électricité par les clients d'un œil plus favorable, même si elle ne peut habituellement pas concurrencer les taux subventionnés.

L'énergie et la capacité excédentaires sont souvent vendues ou encore échangées d'un service public à l'autre. Dans le passé, ces échanges étaient strictement effectués entre services publics franchisés; les deux parties partageaient à part égale l'écart entre le coût marginal du vendeur et celui de l'acheteur. Cet arrangement, bien que sur une base volontaire entre les services publics, ne donnait toutefois aucun choix ou aucune possibilité de divergence aux utilisateurs finaux.

Produits

Aujourd'hui, les services publics d'électricité verticalement intégrés en monopole au Canada ont une seule préoccupation : la production d'électricité. Par conséquent, ils n'ont que quatre produits principaux : l'énergie électrique, la capacité électrique, l'énergie thermale et les sous-produits.

L'énergie se vend selon un système unitaire basé sur un petit nombre de « barèmes de prix » à divers clients en franchise. Les prix aux clients en franchise sont établis en moyenne sur une certaine période de temps, avec une variation minimale par jour ou par saison. Il arrive que l'on utilise une méthode selon l'heure d'utilisation, mais la pratique n'est pas très répandue.

L'énergie se vend également en dehors des zones franchisées, mais selon un accord négocié entre deux services publics franchisés. Ces ventes donnent lieu à un partage des économies tirées de la vente entre les deux services publics. Il y a aussi des contrats à court terme et à long terme, même si au cours des dernières années la plupart des ventes ont concerné des contrats à court terme ou encore des ventes spontanées.

La capacité électrique est vendue principalement aux grands clients – des clients industriels directs et des services publics d'électricité municipaux. Les frais mensuels sont basés sur l'utilisation de pointe de l'énergie par ce client au cours d'un mois donné, généralement sans tenir beaucoup compte de l'heure ou de la saison. Les clients d'un service interruptible, qui voient leur service coupé avec peu de préavis ou même sans préavis, ne paient habituellement pas pour la « capacité ».

Les services publics régionalement franchisés se vendent également la capacité les uns aux autres (ce sont les services publics qui détiennent des droits exclusifs à desservir des clients au sein d'un territoire géographique). Typiquement, ce genre de vente se fait à la pièce; la vente comporte donc un élément de capacité horaire ou saisonnière, enchâssant parfois cette composante dans le prix payé pour l'énergie. Cette pratique est de moins en moins courante, les services publics s'intéressant davantage aujourd'hui au marché spontané.

Les services publics d'électricité ne considèrent pas l'énergie thermique comme un produit majeur. Compte tenu des coûts de capital additionnels et des complications découlant des exploitations techniques et commerciales, l'énergie thermique représente habituellement l'exception à la règle. La plupart du temps, elle est le fait d'un consommateur local ou d'un commercialisateur local.

Les sous-produits sont les matériaux en vrac que les services publics produisent sur une base continuelle durant leurs opérations normales de production de l'électricité. Les services publics vendent généralement les sous-produits, soit pour faire un profit, soit pour réduire leurs frais de mise au rebut. Donnons comme exemple les cendres de charbon servant à la fabrication du béton, les gypses produits par les systèmes de désulfuration des cheminées ou le tritium provenant de la production des eaux lourdes.

Fournisseurs

Les services publics verticalement intégrés, de propriété privée ou gouvernementale, sont de loin les principaux fournisseurs d'électricité au Canada. Les gouvernements les ont avant tout établis pour veiller à ce que tous leurs contribuables reçoivent un approvisionnement fiable en électricité, au plus faible coût possible. La plupart des services publics d'électricité au Canada sont non seulement des monopoles, mais également des fournisseurs presque uniques, de propriété provinciale (sauf en Alberta) depuis le tout début. Cependant, bon nombre de ces services publics sont en passe d'adopter un nouveau mode de propriété : des partenariats publics-privés, des séparations du secteur privé en diverses entités plus petites ou, au contraire, un mode de

croissance leur permettant de devenir des entités régionales ou globales.

Jusqu'en 2000, la plupart des services publics d'électricité canadiens ne connaissaient que fort peu de concurrence au sein de leur marché intérieur franchisé. Un grand nombre de ces services étaient protégés de la concurrence par la réglementation. La concurrence était principalement limitée à qui pouvait vendre le plus d'électricité aux services publics avoisinants (non pas aux utilisateurs) et pour quel profit. Pour être concurrentiels, les producteurs indépendants, les cogénérateurs et les producteurs d'électricité d'autres sources devaient surmonter de nombreux obstacles.

La fiabilité de l'approvisionnement demeure la préoccupation ultime des monopoles de services publics d'électricité au Canada. À titre de fournisseur en monopole, les questions de fiabilité et du plus faible coût sont parfois opposées les unes aux autres, la fiabilité d'approvisionnement devenant habituellement le critère de base. Même si la réduction des coûts continue d'exercer une influence importante sur les services publics, l'approvisionnement fiable d'électricité pour les utilisateurs demeure la priorité fondamentale.

Les centrales d'électricité à partir de carburants fossiles assument toute une gamme de rôles au sein de divers systèmes au Canada. En Alberta, en Saskatchewan, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, les systèmes de production d'électricité par carburants fossiles jouent le premier rôle. En Ontario, la production d'électricité à partir de carburants fossiles varie, passant d'une charge de base à une charge intermédiaire et même à l'occasion à une charge de pointe. L'un des éléments communs à presque tous ces systèmes est qu'ils ont été construits en utilisant une technologie fiable et éprouvée, d'avant les années 1980. Leur degré d'efficience et de rendement est considéré faible, entre 33 et 38 p. 100. Les capacités théoriques du cycle de production de la vapeur limitent l'efficience de cette production. Celle-ci n'est pas aussi critique que la fiabilité, étant donné que le charbon est peu coûteux. D'autres solutions de rechange, comme les cycles combinés à base de gaz naturel, même s'ils sont plus efficients, sont considérés trop peu fiables et/ou encore trop dispendieux à exploiter.

La production hydro-électrique de haute efficience est pleinement éprouvée et presque totalement utilisée au Canada. La Colombie-Britannique, le Manitoba, le Québec, Terre-Neuve et le Labrador, l'Ontario et le Nouveau-Brunswick ont tous des systèmes commerciaux pleinement développés. Les installations hydro-électriques forment la base des systèmes de ces services publics. La plupart de ces installations ont été construites il y a assez longtemps pour que leurs coûts, même les coûts de capitalisation, soient maintenant faibles, par opposition à ceux de la production d'électricité par combustion de carburants fossiles. Le pays abrite encore, dans divers endroits, des capacités importantes de ressources hydro-électriques de grande envergure et de production à partir du courant riverain de moindre envergure. Les coûts, les limitations du marché, les enjeux environnementaux et les exigences à observer en matière de transmission ont influé sur leur développement à ce jour.

Au Canada, la cogénération industrielle n'est pas commune, mais elle est en croissance. Les taux canadiens d'électricité sont généralement assez faibles pour ne pas encourager les projets de cogénération. En outre, il existe une gamme d'obstacles commerciaux et réglementaires réels et perçus qui découragent fortement ce genre de projet. L'industrie elle-même hésite à s'y engager, compte tenu des règlements. Les capitaux nécessaires pour se lancer dans un projet de cogénération sont, en règle générale, perçus comme étant plus profitables lorsqu'ils sont investis dans les activités principales de l'entreprise.

Au cours des années 1960, le Canada et tout particulièrement l'Ontario se sont lancés dans la production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire. Ce rêve a pris son envol en 1972,

avec le début des opérations du premier réacteur nucléaire CANDU à Pickering, en Ontario. Au début, l'exploitation a connu beaucoup de succès. On a rajouté des réacteurs nucléaires CANDU en Ontario, au Québec et au Nouveau-Brunswick ainsi qu'en Argentine, en République de Corée et en Roumanie. À cette époque, les réacteurs CANDU étaient les chefs de file mondiaux sur le marché. Divers problèmes de fiabilité du matériel découlant de piètres pratiques de gestion et du manque d'entretien se sont fait jour au milieu et à la fin des années 1980; ces problèmes ont pris de l'ampleur la décennie suivante. En Ontario, ils ont mené Ontario Hydro à mettre en branle, en 1997, son programme de récupération nucléaire. Celle-ci a temporairement mis hors service sept de ses réacteurs nucléaires afin de concentrer ses ressources d'entretien sur les douze autres qu'elle exploite. À la fin de 1999, la société d'État a commencé les travaux sur les réacteurs fermés pour les ramener, en tout ou en partie, à l'exploitation commerciale antérieure.

La production en cycle combiné a commencé à la fin des années 1980 pour ensuite assumer un rôle plus important lors de l'introduction de la turbine à gaz améliorée 7F de Générale électrique du Canada. Au début des années 1990, les premiers plans visaient une utilisation assez répandue de la turbine à gaz, dans un cycle simple et combiné, mais une récession importante a retardé sa mise en œuvre au Canada jusqu'après 2000. L'utilisation répandue de cette technologie aux États-Unis et dans le reste du monde fait de la production en cycle combiné la technologie de choix pour tout nouvel ajout. Cette tendance devrait se maintenir encore au moins une bonne vingtaine d'années.

Les technologies reliées à l'énergie renouvelable et à la production distribuée ne jouent qu'un rôle très mineur au Canada (à l'exclusion de la production hydro-électrique traditionnelle). Les coûts de départ des technologies reliées à l'énergie renouvelable ainsi que leur caractère intermittent et imprévisible représentent des obstacles majeurs. Ces coûts élevés sont en partie tributaires de l'état de développement de ces technologies et, dans bien des cas, de leur portée et de leurs ressources limitées. Pour l'instant, ces technologies n'ont prouvé ni leur durée ou leur fiabilité ni leur efficience en matière d'exploitation commerciale. Leur caractère imprévisible ou intermittent, pour leur part, se traduisent généralement par le besoin d'installations additionnelles de rechange ou d'installations d'entreposage de l'énergie électrique.

Matériel de production d'électricité et fournisseurs de services

La fin des années 1990 a vu la fin, ou presque, d'un phénomène de mondialisation du marché des fournisseurs de technologies reliées à la production électrique. Les compagnies ont, chacune à leur tour, pratiquement complété leur consolidation interne. Chacune d'entre elles a, typiquement, établi des centres individuels permettant de respecter un mandat mondial de production. Ainsi, au Canada, on dispose d'installations importantes dans le domaine des turbines hydro-électriques, des chaudières industrielles ainsi que des génératrices et des composantes de production de vapeur nucléaire. Les grandes fusions de sociétés qui se sont produites sur la scène mondiale ont permis de réduire le nombre des fournisseurs de matériel électrique au service de l'industrie mondiale, lesquels se comptent maintenant sur les doigts de la main. Le Canada a conservé sa présence importante dans le marché de l'hydro-électricité, mais il a perdu de nombreuses installations de production secondaires.

Le secteur des services offerts à l'industrie de production électrique continue de subir des changements importants, surtout en matière de consolidation. Ce secteur regroupe des champs d'activité comme la R-D, la consultation, les activités contractuelles et d'entretien ainsi que les essais.

Le financement de la R-D a été substantiellement réduit au Canada et dans le monde alors que les services publics s'engagent davantage dans une avenue de concurrence et de réduction importante des coûts, et à mesure que les gouvernements réduisent leur soutien à la R-D. Par conséquent, le nombre et la portée des installations canadiennes de R-D ont considérablement diminué. Leur rôle est de chercher à accroître les marchés internationaux ouverts à des compétences particulières. Le rôle des universités canadiennes dans la R-D appliquée change graduellement pour s'adapter à l'importance croissante de ces activités, aussi bien de façon indépendante qu'en collaboration avec les installations industrielles.

Au cours des années 1990, les activités de consultation ont connu des réductions de même nature, bien qu'elles aient également connu une croissance accrue au cours des deux dernières années. L'accent mis sur l'environnement ainsi que sur l'ouverture du marché de l'électricité et la nouvelle hausse de la demande ont entraîné une croissance récente substantielle des activités de consultation. À mesure que les services publics réduisent leur personnel afin de diminuer leurs frais fixes et que le personnel vieillit, les consultants prennent une part de plus en plus active dans ce qu'on appelait autrefois les travaux d'ingénierie interne. Ces travaux mettent ces consultants en bonne position pour conclure des partenariats avec d'autres consultants, dans d'autres pays.

Les opérations contractuelles, d'entretien et de mise à l'essai étaient surtout des fonctions internes des services publics canadiens jusqu'à la fin des années 1990. Ce domaine devrait connaître une croissance substantielle, tant au Canada que dans le reste du monde, à mesure que les services publics impartissent ces travaux afin de réduire leurs coûts. En même temps, les pressions exercées en vue d'optimiser le rendement et les profits tout en réduisant les coûts de fonctionnement de matériel vieux et de plus en plus désuet devraient permettre d'accroître les activités d'entretien et de mise à l'essai. Compte tenu du nombre d'installations existantes et de l'accroissement des nouveaux cycles d'énergie combinée en Amérique du Nord et dans le monde, ce domaine est en croissance. Les compagnies canadiennes possèdent une expérience et des compétences considérables, mais doivent faire face à la concurrence des compagnies américaines, tout particulièrement dans les technologies nouvelles de cycles combinés et d'exploitation écologique du charbon.

Environnement

Les règlements environnementaux sont en grande partie fondés sur les enjeux et la technologie du début des années 1990. Sur le plan environnemental, les enjeux comprennent notamment les concentrations de polluants dans les eaux de surface, les précurseurs de pluies acides, une démarche initiale visant à réduire le smog, la présence des biphényles polychlorés (BPC) et les effluents liquides. Les règlements sont conçus de façon à réagir – régler un problème connu et bien défini déjà présent. Les services publics d'électricité cherchent à être responsables sur le plan environnemental. Ils observent les exigences réglementaires et parfois même se font les champions de causes environnementales diverses. De nombreux nouveaux enjeux font leur apparition – les gaz à effet de serre, l'ozone de surface, les particules de diamètre inférieur à 2,5 microns et inférieur à 10 microns (10-2,5 PM), les polluants atmosphériques dangereux, le mercure et les champs électromagnétiques, pour n'en nommer que quelques-uns. Dans bien des cas, il reste à définir la nature exacte et la portée de l'enjeu ainsi que la nature des règlements possibles. Dans certains cas, le coût de mise en œuvre peut être très élevé. La capacité d'une compagnie ou d'une province d'agir en fonction d'une réglementation donnée, au sein d'un environnement concurrentiel, peut s'avérer limitée.

2.2 Vision 2020

D'ici 2020, les fournisseurs d'énergie remplaceront les services publics d'électricité et de gaz canadiens. On assistera à une convergence des producteurs d'électricité et des fournisseurs de services et de carburants fossiles. Les systèmes de communication et les ordinateurs se perfectionnent pour devenir des systèmes intelligents capables de contrôler la production et l'utilisation finale de l'énergie. Les grands fournisseurs d'énergie brute vendront aussi bien aux clients directs qu'aux revendeurs. D'autres fournisseurs d'énergie combleront des créneaux de marché en prenant avantage de conditions locales particulières telle que la disponibilité de sources locales de carburants – émission gazière des sites d'enfouissement, entreposage hydraulique, panneaux photovoltaïques, biomasse, énergie éolienne –, les consommateurs éloignés et l'énergie verte. L'énergie thermique deviendra un sous-produit important de la production d'électricité. Le consommateur sera en mesure de choisir à partir d'une gamme étendue de produits et de fournisseurs d'énergie.

Les changements de la technologie, des règlements et des besoins des consommateurs apporteront avec eux une gamme modeste de possibilités d'ici 2010. En 2020, il y aura une gamme encore plus étendue de possibilités à mesure que naîtront de nouvelles options, certaines d'entre elles n'étant même pas encore imaginées. Avec le temps, certains concepts deviendront désuets ou encore socialement inacceptables, ce qui rétrécira la gamme des possibilités.

Étant donné que les investissements en immobilisations des services publics se fondent souvent sur un cycle de vie de 20 ans ou plus, sans monopole, les risques seront accrus. La gestion des risques et le maintien d'un portefeuille équilibré deviendront des exigences fondamentales des affaires dans ce domaine. Il sera très important de bien prévoir les besoins des consommateurs, parce que ces derniers auront la capacité de choisir leur approvisionnement. La gamme des choix qui se poseront aux consommateurs n'est pas encore entièrement connue; elle sera influencée par la réglementation gouvernementale et l'offre de l'industrie.

En établissant une vision pour 2020, on a considéré un certain nombre de postulats.

- L'électricité sera produite à partir de carburant et son prix variera selon celui du carburant – disponibilité, sécurité d'approvisionnement, facilité d'utilisation.

- La technologie de faible émission atmosphérique utilisée dans la conversion du carburant en électricité affectera le prix de l'électricité par l'amortissement sur le cycle de vie des technologies, y compris l'atténuation des incidences environnementales sur la santé et le changement climatique.

- Les marchés seront ouverts à tous ceux qui seront en mesure d'observer la réglementation en matière de sécurité, d'émission et de fiabilité.

- Les clients seront en mesure de choisir leur fournisseur en fonction de leurs besoins.

Clients

Les principales classes de clients se diviseront selon les priorités que ces derniers confèrent aux produits achetés – les ensembles de prix et de services ou le rapport entre la qualité et la fiabilité. Ces consommateurs se retrouveront alors dans chacun des groupes traditionnels que représentent les secteurs résidentiel, commercial et industriel.

Le coût de l'énergie (électrique ou thermique) demeurera un facteur important pour les consommateurs. Les marchés seront ouverts à la concurrence et les consommateurs seront capables de passer d'un fournisseur d'énergie à un autre. Aux yeux des consommateurs à la recherche d'un fournisseur, le critère de base passera de la fiabilité d'alimentation à la

capacité de négocier les meilleures conditions possibles d'approvisionnement. Les fournisseurs d'énergie répondront aux besoins de ce marché, pour autant qu'il leur sera favorable, et ils adapteront les diverses technologies nécessaires pour répondre à leurs besoins.

Les consommateurs se diviseront également en fonction des moyens qu'ils prennent pour acheter leur énergie et en fonction de leur fournisseur de services.

- Les grands consommateurs qui négocient des contrats d'achat direct avec les producteurs.
- Les clients de détail qui achètent l'énergie de revendeurs leur offrant diverses solutions regroupées.
- Les clients spéciaux qui achètent l'énergie sur le marché au comptant par l'intermédiaire d'un marché indépendant de l'énergie ressemblant typiquement à un marché à terme.

Les clients directs seront les très grandes sociétés clientes qui consomment en très grande quantité et utilisent beaucoup d'énergie, prenant leur électricité à voltage élevé. Ces clients négocieront des contrats en vertu de la capacité, de l'énergie et de la puissance thermique. Des achats en gros fondés sur un scénario de prise ou de paiement de ces quantités de gros permettront l'atteinte d'un prix global moindre, mais nécessiteront de la planification et une souplesse de production substantielles. Le taux mixe qui en résultera incorporera toutes les formes d'achat d'énergie et se reflétera par le coût global du kilowatt-heure le plus faible sur le marché.

Ces grands clients d'achat direct seront les utilisateurs les plus spécialisés; ils établiront leurs achats d'énergie en fonction de contrats fermes, de prix au comptant, de prix en période creuse et de diverses possibilités d'interruption de l'alimentation. Les grands clients industriels pourront acheter de l'énergie thermique sous forme de vapeur ou d'eau chaude. Certains producteurs d'électricité établiront leurs installations de production à proximité de ces clients afin de tirer pleinement avantage des ventes de produits thermiques.

Les revendeurs remplaceront les services publics municipaux d'électricité dans la fourniture de systèmes de distribution d'électricité aux grands clients industriels et de détail situés en deçà des limites municipales. Ils vendront leurs services globaux à une gamme étendue de clients résidentiels, commerciaux et industriels. La différence importante entre les revendeurs et les grands clients est que les revendeurs ne consommeront pas l'énergie eux-mêmes. Ces derniers posséderont de multiples comptes de détail qui, ensemble, représenteront une capacité élevée. Les revendeurs auront un pouvoir d'achat et s'en serviront pour acheter leur énergie des producteurs. Ils achèteront ordinairement leur énergie à un voltage élevé de transmission et y ajouteront des charges d'énergie, de transmission et de distribution. Les revendeurs seront à la recherche des meilleurs prix, pour lesquels ils magasineront; la différence entre le prix payé et le prix revendu constituera leur profit.

Les clients des régions rurales et éloignées seront les consommateurs de petite envergure et de régions à faible densité. Les coûts de ces clients seront passablement plus élevés, compte tenu des coûts de transmission et de distribution. Tous les coûts de cette clientèle se fonderont sur le coût d'approvisionnement. Il n'y aura pas de subvention croisée entre les marchés, mais les gouvernements locaux seront tentés de subventionner une partie des coûts de l'énergie afin d'attirer de nouvelles entreprises sur leur territoire. Certains producteurs établiront leurs installations à proximité de ces régions afin de tirer avantage de cette charge captive et de réduire leurs frais de transmission. Les services de transmission fourniront avant tout des possibilités d'approvisionnement d'urgence et de stabilisation du débit. Un certain nombre de

petits producteurs utilisant des carburants indigènes et la biomasse trouveront des créneaux de marché. La concurrence viendra de systèmes photovoltaïques de pointe et de carburants transportables tels que le charbon, le gaz naturel liquéfié et le gaz propane.

L'arrivée des piles à combustible et des systèmes photovoltaïques de pointe permettra à certains clients de produire leur propre énergie. De nouveaux fournisseurs de services mettront sur le marché des appareils pouvant fournir tous les besoins de puissance thermique ou électrique d'un site donné. Il sera possible de louer ou d'acheter ces unités, de veiller à leur entretien et de les remplacer à court préavis, jour et nuit. Il sera possible de les télécommander et de les doter de capteurs afin d'indiquer tout problème éminent ou factuel. Ces systèmes pourront revendre la capacité et l'énergie excédentaires aux revendeurs locaux.

Produits

Les produits fournis aux clients répondront aux besoins individuels. Les clients seront en mesure de choisir à partir d'une vaste gamme de produits et seront capables d'acheter des ensembles représentant l'un ou plusieurs des éléments suivants :

- énergie en fonction du temps d'utilisation;
- capacité (en période de pointe et en période creuse);
- énergie interruptible;
- qualité de l'énergie;
- fiabilité et sécurité d'approvisionnement, y compris le stockage
- produits auxiliaires – de réaction volt-ampère, de réserve, de redémarrage du réseau après une panne générale;
- énergie thermique;
- crédits environnementaux;
- livraison du carburant à péage et revente de carburant;
- sous-produits de la production d'électricité;
- services de surveillance et de gestion de l'énergie;
- gestion des risques, du placement des prix et des marchés à terme;
- énergie verte;
- gestion des bassins versants.

Il sera possible d'obtenir ces produits auprès des revendeurs, des producteurs, ou des fournisseurs de services. Les producteurs et les fournisseurs d'énergie fourniront l'infrastructure d'un grand nombre des produits mentionnés ci-avant.

Il y aura une gamme accrue de produits disponibles aux producteurs, ce qui leur permettra de réduire comme jamais auparavant leurs coûts et d'étendre la vie utile des installations existantes. Les options qui s'offriront aux producteurs seront la réparation, la modification et la mise à niveau, l'installation de nouveaux équipements sur des sites existants et la construction de nouveaux sites. Un grand nombre des installations actuelles auront atteint ou atteindront la fin de leur vie utile d'ici 2020. Les producteurs pourront choisir d'étendre la vie de leur centrale aussi longtemps que cela sera économiquement possible ou encore de bâtir de nouvelles centrales en espérant atteindre ainsi les normes et les règlements en vigueur en matière d'émission nocive.

L'énergie se vendra sur le marché au comptant et elle sera beaucoup plus chère en période de pointe qu'en période creuse. Les clients directs et les revendeurs négocieront leurs achats d'énergie en fonction de la demande.

Les périodes de pointe d'été et d'hiver de la demande commanderont les prix les plus élevés. Les acheteurs d'énergie utiliseront des modèles de pointe de prévisions météorologiques afin de déterminer les prix à venir. Les prix de printemps et d'automne seront les plus faibles, la demande de climatisation et de chaleur y étant réduite. Les revendeurs pourront établir le prix moyen de l'énergie au cours de l'année pour leurs consommateurs et offrir une garantie quant au prix. L'arrivée de compteurs bidirectionnels intelligents et du concept de la maison intelligente permettra de faire passer la charge à des périodes creuses.

La capacité en électricité sera aussi vendue aux clients industriels sous un système de demande directe. Ce genre de disposition s'intéressera avant tout aux questions de fiabilité, étant donné que les clients industriels devront s'assurer d'obtenir l'énergie électrique au moment où ils en auront besoin. Les taux qui seront alors négociés pourront être quotidiens, hebdomadaires ou annuels. Les producteurs d'électricité devront soigneusement équilibrer leur vente d'énergie et de capacité afin de maximiser les profits.

L'énergie excédentaire et l'énergie interruptible, à faible coût, seront aussi disponibles mais pourront être interrompues sans préavis, par exemple, lors d'une panne d'équipement ou pour tenir compte d'un nouveau client du producteur d'électricité à un prix plus élevé.

Les services traitant de la qualité de l'énergie prendront de l'expansion chez les compagnies qui ont besoin d'une énergie plus propre que celle fournie par le réseau de distribution. L'aménagement de cette énergie se fera chez le consommateur plutôt que sur l'ensemble du réseau de distribution. Les contrôles rapides effectués réduiront l'effet des baisses de voltage et des suralimentations.

On rehaussera la fiabilité de l'approvisionnement en fournissant une production sur les lieux, y compris une production d'énergie de remplacement, ainsi qu'en stockant l'énergie en vue de pannes de courte durée. Le fournisseur de services pourrait également repositionner ses génératrices d'urgence lorsqu'elles ne sont pas requises par le client.

Un marché de services auxiliaires se formera pour tenir compte de produits comme la réaction volt-ampère, les produits de réserve, les possibilités de redémarrage du réseau après une panne générale, tout particulièrement chez les producteurs locaux qui fournissent des grilles locales qu'appuient les services de transmission, même si cet élément peut ne représenter qu'une petite fraction de la capacité totale utilisée.

L'énergie thermique deviendra un sous-produit important de la production d'électricité. Les promoteurs locaux des systèmes d'énergie à distance pourront alors établir des contrats de capacité thermique. Les produits de cogénération se refléteront dans l'accroissement des profits et de l'efficacité des systèmes. Ce genre de production d'électricité se situera dans les régions où l'utilisation de l'énergie thermique sera rentable.

Certaines compagnies pourront préférer acheter des crédits environnementaux, correspondant aux niveaux d'émissions de leurs installations, plutôt que de se mettre à niveau. Elles pourraient alors devoir acheter des permissions d'émission et ces dépenses seraient ainsi intégrées au prix de l'énergie produite.

Certaines compagnies pourraient acheter du carburant en fonction de contrats à long terme puis vendre ce carburant à mesure que les prix augmentent. Les producteurs d'électricité ayant la capacité de passer d'un carburant à un autre pourraient tirer avantage de ce système en utilisant le carburant le moins cher sur le marché afin d'équilibrer leurs émissions nocives et de diminuer leurs coûts.

Les revendeurs et les fournisseurs de services s'appuieront sur des systèmes intelligents afin de prévoir la consommation en capacité et en énergie. La consommation d'énergie sera gérée en fonction de l'énergie à moindre coût disponible durant une période donnée, passant des charges discrétionnaires à des périodes creuses ou dans le but de soulager des périodes de pointe. Les systèmes de surveillance permettront d'évaluer la fiabilité des composants, d'auto-diagnostiquer les problèmes et de déployer les systèmes de services au besoin.

Pour un grand nombre de clients industriels et de revendeurs, l'évolution du prix de l'énergie peut représenter un risque financier important. On en viendra communément à instaurer des produits d'assurance liés à la gestion des risques et à l'établissement de prix concurrentiels.

L'énergie renouvelable accaparera une plus grande partie du marché à mesure que les nouvelles technologies deviendront disponibles. L'énergie solaire, éolienne et de l'hydrogène offrira un grand potentiel aux systèmes de production d'énergie sans émission nocive. Les crédits d'émission provenant de l'utilisation de ces systèmes pourront contrebalancer la production d'électricité d'autres installations produisant des émissions élevées ou encore réduire les coûts généraux, ce qui mènera à leur utilisation de plus en plus répandue.

Fournisseurs

Diverses forces, telles que la réglementation, les choix technologiques et les préoccupations environnementales influenceront les fournisseurs et leurs produits. Les clients auront davantage d'influence dans un marché concurrentiel déréglementé et les fournisseurs chercheront à se démarquer en fournissant aux consommateurs des solutions de rechange intéressantes. L'énergie verte, notamment l'énergie solaire et l'énergie éolienne, coûteront davantage mais ce prix demeurera concurrentiel étant donné qu'on y intégrera les coûts des incidences environnementales sur l'ensemble du cycle de vie utile. Les choix technologiques prendront de plus en plus d'importance à mesure que les producteurs d'électricité achèteront des permis qui leur permettront la production de gaz à effet de serre, ce qui augmentera le coût de la production d'électricité par combustion de divers carburants.

Les services publics d'électricité au Canada ne seront plus en situation de monopole. Les gouvernements provinciaux auront vendu tous leurs actifs à des compagnies privées et le marché deviendra concurrentiel. Un grand nombre de compagnies fusionneront et deviendront des services d'électricité régionaux et même globaux. Il n'y aura plus de restriction géographique; de nombreuses compagnies deviendront des fournisseurs nationaux. On assistera à une convergence des industries de services publics fournissant l'eau, les services d'égout, l'électricité, les carburants et les télécommunications. Les points de vente au détail deviendront des points de contact des clients qui mèneront à la commercialisation croisée des produits.

Les producteurs indépendants d'énergie, les producteurs autonomes et les producteurs d'énergie en cogénération devront concurrencer dans un marché ouvert. Les gouvernements établiront des règlements et quiconque respectera ces exigences minimales aura la possibilité de vendre de l'énergie.

Les producteurs d'énergie feront de gros efforts afin de maintenir la fiabilité de leurs installations, encouragés en cela par leurs systèmes de transmission et de distribution, étant donné que les ratios d'utilisation plus élevés peuvent apporter de plus grands revenus. Pour le fournisseur concurrentiel, le critère essentiel sera celui du plus faible coût capable de répondre aux normes minimales en matière de fiabilité.

Les centrales d'électricité à partir de carburants fossiles joueront plusieurs rôles au sein de divers systèmes au Canada. En Alberta, en Saskatchewan, au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse, les systèmes de production d'électricité à partir de carburants fossiles assumeront la part fondamentale de la production d'électricité. En Ontario, les usines de production d'électricité par combustion de carburants fossiles passeront d'une importance primordiale à une utilisation secondaire, même en période de pointe. Le charbon demeurera un carburant largement utilisé. Les technologies permettant de capter les émissions nocives permettront aux grandes centrales de demeurer concurrentielles.

La production hydro-électrique de grande efficacité et de grande envergure sera pleinement établie et utilisée au Canada, assumant un rôle de toute première importance en Colombie-Britannique, au Manitoba, au Québec, à Terre-Neuve et au Labrador, en Ontario et au Nouveau-Brunswick. Partout au Canada, le volume total d'énergie engendrée par l'hydro-électricité demeurera constant. D'autres technologies viendront ajouter de nouvelles capacités à ce profil.

Les installations industrielles de cogénération prendront davantage d'importance. Un grand nombre des obstacles commerciaux et réglementaires réels et perçus, qui découragent fortement la cogénération, auront été éliminés. Une industrie des services prendra forme afin de fournir de l'énergie en cogénération parce qu'un grand nombre d'industries préféreront investir leurs capitaux dans leurs activités principales. À mesure qu'augmentera la consommation totale d'énergie électrique, le pourcentage de l'énergie provenant de la cogénération et des usines d'énergie renouvelable sera à la hausse. Les turbines au gaz naturel et à cycle combiné deviendront de plus en plus populaires à mesure que diverses améliorations d'efficacité et de réduction des coûts seront apportées. Les chaudières pourraient utiliser divers carburants, devenant ainsi en mesure de consommer ensemble du gaz naturel, du charbon et de la biomasse, selon le prix des divers carburants, leur disponibilité et leur capacité à observer la réglementation en matière d'émissions. Les fournisseurs seront en mesure d'offrir diverses technologies visant la réduction des émissions.

Le gaz naturel en cycle combiné continuera de produire une partie importante de l'énergie. Le peu d'incidences environnementales venant de l'utilisation souple des carburants de systèmes à cycle combiné en feront la technologie de choix pour la production d'électricité de tous les nouveaux systèmes. Les turbines à cycle combiné deviendront susceptibles de relancer certains sites d'exploitation nucléaire.

Environnement

Les règlements environnementaux deviendront de plus en plus rigoureux, apportant des restrictions sur tous les polluants ayant une incidence sur le sol, l'eau et l'air. On imposera des limites quantitatives à toute concentration de polluants de surface : gaz à effet de serre, ozone de surface, particules (10-2,5 PM), polluants atmosphériques dangereux, mercure, champs électromagnétiques, précurseurs de la pluie acide, BPC et effluents liquides. Compte tenu de l'accent mis sur le changement climatique et la qualité des eaux souterraines, les autorités de réglementation chercheront de plus en plus des moyens proactifs d'arrêter la dégradation environnementale. Dans un marché ouvert, les lois environnementales prendront une allure internationale, sanctionnées par des restrictions commerciales en cas de non-respect.

Caractéristiques d'approvisionnement

Le genre d'approvisionnement en électricité variera selon le pays (figure 2-2). L'approvisionnement hydro-électrique mènera encore, mais il conservera une moindre part de l'ensemble de la production car l'approvisionnement global augmentera tandis que la production hydro-électrique demeurera relativement constante. La production hydro-électrique en Colombie-Britannique, au

Manitoba et au Québec continuera de répondre à presque tous les besoins. La production d'électricité par réacteur nucléaire continuera de fournir une part importante, bien que moindre, par opposition aux années 1990, étant donné qu'un grand nombre de centrales nucléaires auront été désaffectées et que l'on n'aura pas construit de nouvelles centrales. Les carburants fossiles, tout particulièrement le charbon, continueront de conserver de l'importance, surtout en Ontario, en Alberta et en Saskatchewan. Les technologies reliées à l'énergie renouvelable, notamment l'énergie solaire, l'hydrogène, l'énergie éolienne et la biomasse représenteront un pourcentage plutôt faible de l'approvisionnement total. Les systèmes de production distribués et de cogénération prendront de l'importance par suite de l'utilisation des centrales à cycle combiné faisant usage du gaz naturel.

Les technologies reliées à la production distribuée et à l'énergie renouvelable joueront un rôle croissant dans la production globale d'électricité au Canada. Les nouvelles technologies réduiront les coûts initiaux des systèmes à combustible et des systèmes photovoltaïques. Les centrales de piles à hydrogène de grande échelle se serviront de l'hydrogène dans la production d'énergie verte. Les technologies reliées au stockage hydraulique permettront de stocker l'énergie pour utilisation lors de période de demande élevée, à des prix élevés. La production d'électricité distribuée sera concurrentielle en matière de coût, tout particulièrement dans l'optique de la possibilité de remettre à plus tard les coûts de transmission et de distribution.

2.3 Domaines de technologie critique

Les tableaux 2.1 à 2.4 présentent les technologies et les facteurs qui influent sur la production d'électricité, selon les principales sources de carburants. Les producteurs d'électricité devront également s'intéresser à d'autres domaines technologiques pour s'assurer de la fiabilité de leurs produits en 2020 (tableau 2-5).

Figure 2-2. Prévision des sources canadiennes d'électricité pour 2020

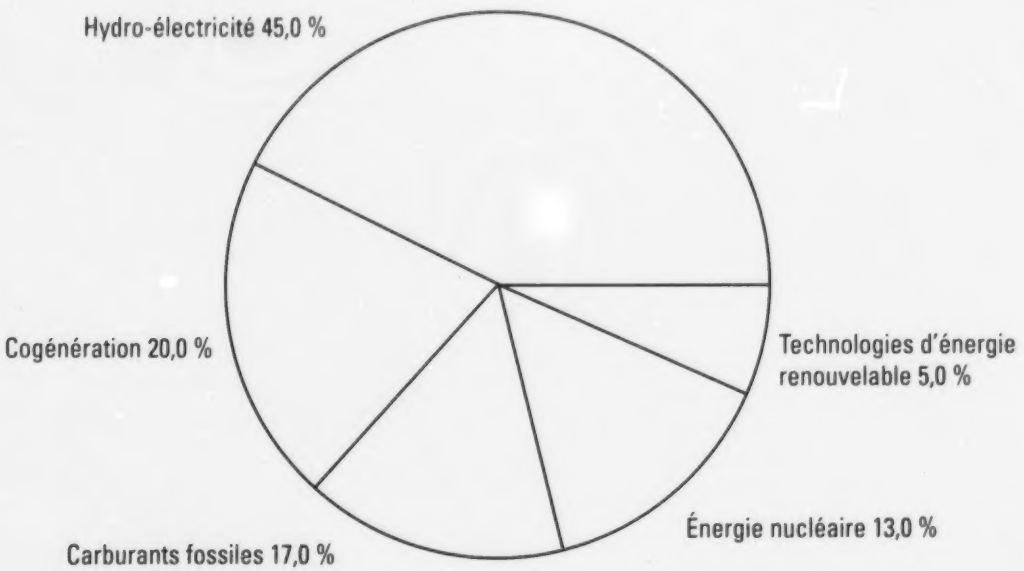


Tableau 2-1. Production d'hydro-électricité

Domaine de technologie critique	Facteurs	
	Coût	**Réglementation**
Systèmes de contrôle de l'environnement et de l'équipement	• réduction du coût d'entretien • prolongation de la durée de vie de l'équipement	contrôle des réservoirs de gaz à effet de serre
Turbine	• conception économique pour une production de d'énergie en basse chute	
Modélisation hydraulique de la dynamique computationnelle des fluides	• amélioration du rendement des chemises d'eau	
Matériaux pour les barrages	• réduction des coûts de construction	
Modélisation et outils de gestion du risque		sécurité des barrages
Entretien des barrages	• techniques de réparation	
Pile à combustible	• matériaux de pointe requis	
Entreposage et distribution de l'hydrogène	• coût réduit	sécurité
Batteries	• réduction du coût des matériaux • long cycle de vie	

Tableau 2-2. Production des capacités de stockage de l'énergie

Domaine de technologie critique	Facteurs	
	Coût	**Réglementation**
Accumulation d'énergie par pompage	• réduction du coût d'investissement et recherche de sites adéquats	réglementation de l'environnement
Batteries	• développement de batteries à long cycle de vie, fabriquées à peu de frais, avec des matériaux à prix modique	aucune
Hydrogène : combinaison d'électrolyse et de pile à combustible	• réduction des coûts de matériaux et de fabrication	nouvelles réglementations concernant les grandes infrastuctures à hydrogène et la sécurité
Stockage d'énergie en aimants supraconducteurs	• faibles coûts d'investissement et d'exploitation	règlements pour la manipulation des températures très basses
Stockage d'énergie sous forme d'air comprimé	• économique si des aquifères naturels sont présents	aucune
Stockage d'énergie dans des volants d'inertie	• les nouveaux volants d'inertie utilisant les roulements supraconducteurs sont chers mais présentent un intérêt pour le stockage de petites quantités d'énergie	aucune réglementation spéciale
Condensateurs et supra condensateurs	• unités idéales pour les applications de régulation de puissance et dans les véhicules électriques • nouveaux matériaux et prix réduits requis	aucune
Barrages jouant le rôle d'immenses batteries hydrauliques	• la façon la plus économique de stocker l'énergie achetée à des tarifs réduits aux heures creuses sur le marché au comptant	aucune
Stockage d'unités de production d'énergie dispersée, non connectées au réseau	• l'énergie éolienne ou l'énergie solaire, dans des régions non connectées au réseau, peut être stockée dans des batteries ou dans des piles combinant l'électrolyse et l'hydrogène	aucune

Tableau 2-3. Production d'électricité à partir de gaz naturel

Facteurs	Domaine de technologie critique
Amélioration du rendement	• modélisation de la combustion • modèles de débit pour turbines et chaudières • analyse de la flamme
Mise au point de matériaux	• matériaux résistants à haute température • roulements à rendement élevé et à haute vitesse • matériaux résistants à l'usure • matériaux catalytiques à émissions réduites de NOx • lubrifiants adéquats à haute vitesse et à haute température • composantes de transfert de chaleur à rendement élevé et à coût réduit
Entretien et automatisation	• capteurs en temps réel pour le contrôle et la combustion • techniques de mesures analytiques en condition de temps réel
Rattrapage et sous-produits	• brûleurs à grande intensité et à faible volume • introduction d'additifs dans la zone de combustion pour réduire l'émission de NOx et d'autres polluants • utilisation du cycle de combustion comme réaction exothermique pour produire de nouveaux sous-produits
Retrait et capture	• production d'hydrogène et retrait du carbone avant la combustion • absorption • adsorption • membrane
Questions environnementales	• contrôle des émissions d'oxydes d'azote (NOx) • particules (PM10, PM2,5)

Tableau 2-4. Production d'électricité à partir du charbon

Domaines de technologie critique	Facteurs		
	Coût	Environnement	Autre
Charbon pulvérisé			
Lit fluidisé sous pression	moins de 45 $/mégawatt-heure		
Cycle combiné à gazéification du charbon		capture et retrait du dioxyde de carbone retrait et élimination pour moins de 20 $/tonne de monoxyde de carbone	flexibilité pour différentes conditions du marché
Émissions zéro	énergie thermique à moins de 20 $/mégawatt-heure		
Parc industriel écologique		émission nulle d'oxydes de soufre (SOx) et d'oxydes d'azote (NOx)	
Cycle combiné à pile à combustible et gazéification du charbon			

Tableau 2-5. Autres domaines de technologie critique

Domaines de technologie critique	Besoins
Technologies de production d'énergie	• charbon ultra-pulvérisé supercritique • chambre de combustion de lit fluidisé sous pression supercritique • élémentaires • nouveaux cycles • systèmes souples • piles à combustible à rendement élevé • systèmes pour l'oxygène et le dioxyde de carbone • unité de turbine à combustion élevée • cycle supérieur et inférieur à rendement élevé
Contrôles	• analyse des gaz à haute température • caractérisation de la flamme à haute température • intelligence artificielle • automatisation complète • monoxyde de carbone du charbon • surveillance continue à coût réduit pour l'émission de gaz à effet de serre
Contrôles environnementaux	• oxydes de soufre (SOx) • oxydes d'azote (NOx) • particules (PM10, PM2,5) • mercure • composés organiques volatils • métaux lourds • cendre légère • cendre résiduelle • effluents liquides
Gestion des immobilisations	• calcul de la durée de vie restante • analyse des tendances par rapport au potentiel • intelligence artificielle
Matériaux	• solidité à haute température • corrosion à haute température • souplesse à haute température • concentrations élevées de catalyseurs
Entretien	• résultat de l'évaluation

3 OPTIMISATION DES ACTIFS – TRANSMISSION ET DISTRIBUTION

3.1 Profil actuel de l'industrie

Dans le passé, on a sous-évalué et même oublié la question de la transmission. Aujourd'hui, elle représente la base de la déréglementation. On l'a amputée de son rôle traditionnel dans la structure des services publics d'électricité verticalement intégrés du passé. Aujourd'hui, on fait place à la transmission et on l'utilise de plus en plus pour répondre aux besoins de consommateurs captifs. La transmission incombe aux fournisseurs de services dans une ère de changement continuel, de responsabilité et de rapports nouveaux et diversifiés avec les clients.

L'industrie de l'approvisionnement en électricité se restructure afin de s'orienter vers des questions comme le choix des consommateurs et la concurrence. Les retombées de cette réorientation en matière de transmission sont énormes. La capacité des réseaux est limitée. Les transactions mobiles prennent de plus en plus d'importance. On assiste de plus en plus à la congestion des systèmes et à la fragilité des prix. Les clients exigent une qualité et une fiabilité accrues de l'énergie. Ils ont besoin de nouveaux produits et services ainsi que de services auxiliaires et d'une fiabilité différenciée. Les nouvelles installations doivent répondre à des contraintes rigoureuses en matière d'emplacement, tout particulièrement dans les zones urbaines. Le risque de non-fiabilité apparaît déjà, comme en font foi les réactions et les poursuites judiciaires entamées par la population, et provenant des pannes d'électricité et de lignes de transmission dans la région d'Auckland et des pannes généralisées aux États-Unis. Les préoccupations des clients pourront influencer les sources d'énergie distribuée, ce qui pourrait isoler les actifs de transmission et en faire chuter la valeur.

Il est grand temps d'évaluer la vulnérabilité du système de transmission et d'élaborer des solutions technologiques et de marché qui permettront de répondre aux enjeux de fiabilité et de demande. Il y a un besoin urgent de limiter les coûts de livraison de l'énergie tout en rehaussant la fiabilité, la disponibilité et la capacité de maintien afin d'atteindre un certain niveau de durabilité et de veiller à ce que les actifs et les systèmes d'appoint qui s'avèrent nécessaires soient disponibles au moment voulu. Cela permettra de gérer les risques et les incertitudes aussi bien des clients que des actionnaires, et de répondre à des exigences sociales et environnementales de plus en plus rigoureuses.

Clients

Pour l'instant, les clients sont toujours les mêmes, mais ils ne sont plus captifs. Ils ont maintenant des choix, grâce à un marché ouvert. Le fournisseur de services doit donc répondre à leurs besoins et à leurs attentes en ce qui touche le coût de livraison, la fiabilité du produit et sa durabilité. L'objectif du fournisseur de services de transmission est de garder ses clients et de maximiser la valeur de ses actifs tout en gérant les risques et les incertitudes et en répondant aux réglementations environnementales.

Produits et services

Comme nous l'avons déjà dit, la transmission est considérée comme un fournisseur de services. Les produits (ou, de fait, les technologies) en question sont ceux (ou celles) qui soutiennent et permettent la prestation du service (tableau 3-1).

Tableau 3-1. Technologies existantes et améliorations graduelles requises

Facteur	Technologie actuelle (2000)	Améliorations graduelles nécessaires à la technologie actuelle (2005)
Procédés de gestion et compétences de la main-d'œuvre	• intervention humaine importante dans la prise de décision • individualistes • inconsistants • résistance à l'adoption de nouvelles technologies et à la prise de risques	• organisation basée sur les procédés • équipes habilitées à travailler à l'intérieur d'un cadre défini • techniques de gestion du risque s'appuyant sur des niveaux croissants de la technologie de l'information
Planification	• réactive • déterministe	• proactive • basée sur les probabilités
Opérations	• réactives • système perfectionné d'acquisition et de contrôle des données (SCADA), outils analytiques restreints	• proactives • utilisation des systèmes de gestion et des connaissances en ligne (par ex., évaluation active de la sécurité) • répartition, facturation et règlement automatiques
Programmes d'entretien	• en fonction du temps • correctifs • contrôle des conditions hors ligne	• axés sur la fiabilité • contrôle des conditions en ligne
Utilisation de l'équipement	• plaques nominatrices • recommandations du manufacturier • conservatrice	• évaluation dynamique des circuits et de l'équipement, basée sur un contrôle en temps réel • augmentation des données de chargement en temps réel des immobilisations de transmission
Technologies spécifiques	• contrôle traditionnel et protection • différents capteurs • intégration limitée	• contrôle de réseaux • prompte détection des pannes • modélisation élaborée • techniques pour augmenter la durée de vie des systèmes d'isolation • techniques pour augmenter la durée de vie des pylônes d'acier et des poteaux de bois • protocoles de communication pour l'échange rapide et intégré de l'information

Fournisseurs

Aujourd'hui, on achète les produits chez des vendeurs discrets qui se spécialisent dans des produits particuliers. On trouvera chez un fournisseur le principal équipement, puis le matériel de contrôle et de protection chez un autre, et le matériel de communication chez un autre encore. La convergence changera cet ordre des choses. Les fournisseurs devront également chercher à devenir des fournisseurs de services et même des partenaires avec leurs clients.

3.2 Vision 2020

Clients

En 2020, les clients seront encore les producteurs d'électricité et les consommateurs. Les producteurs d'électricité seront probablement de bien plus grande taille qu'aujourd'hui, par suite d'une série de consolidations. Il est difficile de prévoir si les producteurs indépendants d'électricité joueront encore un rôle important. La clientèle se répartira entre les grandes entreprises industrielles, les comptes commerciaux, les services de distribution, d'autres entités telles que des villes, des municipalités et des coopératives constituées de clients résidentiels.

Produits et services

La technologie utilisée par les fournisseurs de services de transmission en 2020 sera la convergence de la technologie de l'information, de l'électronique et des télécommunications (tableau 3-2).

Le système de transmission de l'avenir sera intelligent, virtuellement automatisé et tributaire de technologies avant-gardistes, par exemple :

- des systèmes d'acquisition et de livraison de données à point unique se servant de capteurs et d'outils électroniques intelligents de pointe;
- des réseaux successifs de transmission de données par fibres optiques à haute vitesse;
- des systèmes permettant l'adressage automatique des composantes et des services aux clients;
- des analyses avancées en direct comprenant notamment la recherche de données par déclenchement, ce quipermettra par exemple de prévoir les lacunes d'alimentation et les pannes de courant.

Fournisseurs

En 2020, les fournisseurs offriront des systèmes qui représenteront la convergence des produits traditionnels d'énergie et le concept regroupant les technologies de l'information, l'électronique et les télécommunications. Les fournisseurs seront encore responsables de l'entretien, mais ils pourraient exploiter et entretenir les systèmes sur une base commerciale.

3.3 Domaines de technologie critique

Dans le même ordre d'idée que les zones intéressant les réseaux intelligents de livraison de l'électricité, les quatre grands domaines de technologie critique seront modelés en fonction du concept de la technologie de l'information, de l'électronique et des télécommunications (tableau 3-3).

Capteurs et contrôles

Il faudra de nouvelles technologies pour assurer le contrôle de l'état et de la condition des actifs.

Télécommunications

Les systèmes numériques de transmission à grande vitesse prendront encore plus d'importance à mesure que les systèmes de surveillance et de contrôle exigeront le même genre de fiabilité que celui dont jouissent les

systèmes de protection à l'heure actuelle. Il faudra de nouvelles solutions pour régler le problème du soutien des éléments de surveillance des actifs et de leur condition en temps réel. Le système de transmission et de distribution lui-même pourrait servir comme médium de transmission des télécommunications à faible vitesse. Tout comme le modèle qu'offre le réseau Internet, les divers éléments du système pourront jouir de volets comme l'adressage automatique et de composantes lui permettant de reconnaître des éléments qui s'y rattachent.

Traitement et prise de décision

Les exigences comprendront notamment un système de transformation de plus en plus rapide ainsi que des systèmes d'information capables de prendre des décisions aujourd'hui prises par des humains. Cela nécessitera l'élaboration de systèmes-experts ainsi que de technologies d'extraction des données, en direct et en différé.

Mesures de commande et de contrôle

Le besoin d'accélérer la prise de décision, à partir d'un nombre accru de données, réduira l'intervention humaine. Les fonctions d'exploitation seront reprises par les systèmes automatisés de traitement et de prise de décision. La fonction de commande et de contrôle deviendra simplement le produit du processus de prise de décision.

Le centre de contrôle sera remplacé par un système de gestion des systèmes distribués. L'intervention humaine se limitera davantage à la gestion des exceptions. Avec l'accroissement de la spécialisation des systèmes de gestion, la nature des décisions ressemblera davantage à celles des décisions d'affaires et se distinguera encore davantage des décisions techniques.

Tableau 3-2. Technologies convergentes en 2020

Facteur	Technologies convergentes
Procédés de gestion et compétences de la main d'œuvre	• décisions d'immobilisation reposant sur l'acquisition de connaissances en temps réel, fournies au bon moment aux personnes concernées, appuyées par des modèles avancés de gestion du risque et des méthodes d'intelligence artificielle afin de déterminer le degré d'investissement nécessaire et le moment adéquat pour investir • systèmes de gestion de la performance et de la qualité hautement automatisés
Planification	• prédictive, reposant sur le contrôle en direct et les technologies d'exploration en profondeur de données • méthode de génération automatique de système électrique
Opérations	• opérations hautement automatisées, reposant sur : – des systèmes de connaissances – des analyses et modèles avancés de sécurité active et thermique – livraison d'énergie de qualité et de fiabilité supérieures
Entretien	• établi grâce aux système de connaissances, à l'exploration en profondeur des données, à la surveillance continue et à la modélisation; intégré aux systèmes de gestion du travail pour une répartition optimale des ressources • évaluation de la vie résiduelle et de la fin de vie des équipements
Utilisation de l'équipement	• automatisée (par ex., chargement du système selon le calcul des valeurs, évaluation du revenu en rapport avec le coût du matériel à vie réduite) • augmentation significative du chargement en temps réel des immobilisations de transmission, avec un investissement minimal
Technologies spécifiques	• transformateurs et câbles supraconducteurs à haute température • systèmes de câbles de polymères perfectionnés • systèmes à prix modique de transmission dynamique de courant alternatif, pour une augmentation sur demande de la qualité et du débit de courant • débit de courant optimisé et analyse en temps réel à distance • capteurs perfectionnés • systèmes perfectionnés de stockage d'énergie • compteurs perfectionnés

Tableau 3-3. Domaines de technologie critique et besoins

Domaines de technologie critique	Besoins	
	Technologies extrinsèques	**Technologies intrinsèques**
Capteurs et contrôle	• capteurs robotisés détectant les changements de condition physique des immobilisations (par ex., des caméras à infrarouge robotisées) • capteurs fixes détectant les changements de condition physique des immobilisations • répartition de systèmes synchronisés intelligents et de stations terminales éloignées pour une protection et un contrôle intégrés, pour la surveillance des conditions, le comptage, etc.	• fibres optiques intégrées détectant les changements de condition physique des immobilisations • immobilisations constituées de matériaux intelligents détectant les changements • immobilisations à capacité d'adressage de type IP (protocole Internet)
Télécommunications	• technologies d'analyse et de surveillance offertes sur Internet • répartition de systèmes de micro-transmetteurs • réseautique de longue portée, fiable et ultra-rapide • systèmes de sécurité de réseau hautement fiable • système de gestion de la haute sécurité du réseau et du système • Réseautage IP à basse vitesse sur le système de transmission et de distribution • protocoles standardisés • systèmes interopérables intelligents (par ex., satellite de l'environnement sur orbite basse)	• fibres optiques intégrées facilitant la communication des données de condition de l'immobilisation • matériaux intelligents facilitant la communication des données de condition de l'immobilisation
Traitement et prise de décision	• systèmes digitaux ultra-rapides de relais protecteurs • systèmes ultra-rapides de contrôle du réseau neuromimétique • systèmes intégrés de protection et de contrôle • systèmes d'exploration en profondeur des données • systèmes de connaissances • systèmes de simulation • systèmes de prédiction • systèmes experts utilisant les données de tous les autres systèmes • outils élaborés de prise de décision concernant le risque, les aspects techniques et les aspects financiers	

4 RÉSEAUX INTELLIGENTS DE LIVRAISON DE L'ÉLECTRICITÉ

4.1 Profil actuel de l'industrie

Les systèmes d'énergie électrique, à l'échelle de la planète, passent d'un monopole réglementé à un cadre déréglementé et concurrentiel formé de producteurs et de commercialisateurs d'énergie. Cependant, les réseaux de transmission et de distribution demeurent encore des monopoles réglementés. La capacité de fonctionner de façon concurrentielle dans cet environnement tout en maintenant un niveau acceptable de sécurité et de fiabilité représente un défi de taille pour la livraison de l'énergie électrique.

Clients

Les structures et conditions actuelles de tarification de l'électricité offrent peu de choix aux clients résidentiels et commerciaux. Il n'existe ni encouragement financier pour faire passer les habitudes de consommation quotidienne aux périodes creuses, ni encouragement financier pour accepter une fiabilité moindre de l'énergie. Ce genre d'encouragement n'est offert qu'aux grands consommateurs industriels. Par conséquent, on consacre de grandes quantités de consommation d'électricité à des activités telles que le chauffage de l'eau, le lavage et le séchage des vêtements, tout cela en période de pointe, alors que l'on pourrait bien le faire au cours des périodes creuses.

Produits et services

Jusqu'à tout récemment, les grands monopoles régionaux d'électricité au Canada s'occupaient de la production, de la transmission et de la distribution intégrées de l'électricité. Même si la demande était en croissance rapide, ces monopoles s'intéressaient avant tout aux grands projets pouvant offrir des économies d'échelle en matière de production et de livraison de l'électricité.

À l'échelle locale, la distribution de l'électricité a traditionnellement relevé des grands services publics ou des entités municipales de propriété publique. Ces dernières achètent leur électricité des grands services publics et peuvent aussi en produire une partie. Les deux ont joui d'un certain monopole en vendant directement à leurs clients à des taux réglementés uniformes, peu importe la période de consommation. En outre, la qualité de cette alimentation en électricité est la même pour tous les consommateurs.

Les systèmes actuels de distribution acheminent l'électricité aux clients par un réseau composé de fils aériens et de fils souterrains. On mesure la consommation en électricité par des compteurs analogues installés chez le client et dont la lecture est faite manuellement de façon régulière. Le branchement et le débranchement du service est également manuel et se fait chez le client. Les services publics se fient sur les consommateurs en ce qui a trait à la signalisation des pannes de courant ainsi qu'à la localisation de ces pannes avant le déploiement des équipes de réparation. Les clients doivent communiquer avec les services publics par téléphone pour connaître l'état des réparations dans leur secteur.

Fournisseurs

La transmission d'électricité du producteur au consommateur est gérée par des centres de contrôle. Il revient aux opérateurs travaillant dans ces centres de contrôle de prendre les décisions qui s'imposent, en fonction :

- des demandes de transaction provenant des services publics, des fournisseurs d'énergie et des commercialisateurs;
- des demandes de fermeture du réseau pour permettre l'entretien et la construction;

- des prévisions des charges hors ligne (pas en temps réel);
- des limites de sécurité pré-établies du système.

Leurs objectifs sont de faire fonctionner le système aussi économiquement que possible tout en maintenant la sécurité et la sûreté du système.

À mesure que croît la complexité de ces systèmes, le rôle de l'exploitant devient de plus en plus difficile et stressant. Cette dynamique abaisse la sécurité et la fiabilité du système et provoque des pertes d'électricité élevées.

4.2 Vision 2020

Le groupe de travail a adopté certaines perspectives d'avenir en vue d'élaborer une orientation à imposer à ses discussions sur les réseaux intelligents de livraison de l'électricité. Il a également rédigé l'énoncé suivant :

> *Nous sommes en 2020. Les services publics canadiens fonctionnent avec beaucoup de succès comme exportateurs nets d'électricité au sein du marché déréglementé nord-américain de l'électricité, surmontant par ce fait les contraintes environnementales et de systèmes. En grande partie, ce succès vient de l'automatisation répandue des fonctions d'achat, de production et de livraison de l'électricité. Cette automatisation découle du développement de matériel et de systèmes intelligents chez les fournisseurs canadiens, qui sont eux-mêmes devenus des chefs de file mondiaux de l'approvisionnement de certains de ces produits. Les clients sont satisfaits aussi bien des choix que de la fiabilité de cet approvisionnement en électricité.*

Clients

En 2020, les clients résidentiels, commerciaux et industriels seront en mesure de choisir le fournisseur de services qui répond le mieux à leurs besoins et à leurs attentes. Ils seront capables de changer de fournisseur de services à mesure qu'ils ont accès, selon eux, à des produits et services plus attrayants.

Les clients pourront choisir leur fournisseur d'énergie en fonction notamment :

- du prix par rapport à la fiabilité d'approvisionnement;
- du coût par rapport au choix de laisser au service public le contrôle du temps de la journée au cours duquel certains appareils pourront fonctionner (gestion de la demande);
- du prix que les clients sont prêts à payer pour un certain niveau de service à la clientèle et de réponse aux demandes de réparation;
- du choix de la source de production – par ex., énergie verte;
- du prix que les clients sont prêts à payer pour diverses qualités d'énergie.

Produits et services

Les produits et services offerts refléteront les choix des clients, mentionnés ci-avant. En retour, les clients devront assumer certaines conséquences de leurs choix.

- La fiabilité de l'approvisionnement en électricité représentera un compromis entre la maximisation des profits et les obligations contractuelles du fournisseur de services auprès de ses clients. Les clients qui optent pour les taux les moins chers peuvent s'attendre à être les premiers à perdre leur approvisionnement lors d'une panne d'électricité.

- La gestion de la demande exigera un ensemble de contrôles qui, à leur tour, nécessiteront des investissements considérables de développement et de mise en œuvre, associant diverses technologies des télécommunications aux technologies reliées à la livraison de l'énergie. Pour les clients résidentiels, cela peut vouloir dire l'automatisation des maisons, y compris la livraison par télécommande de certaines charges d'électricité, la lecture automatique des compteurs, le branchement et le débranchement à distance du service et le contrôle du rendement des principaux électroménagers. En fin de compte, les consommateurs paieront ces investissements. Par conséquent, les économies et la facilité accrue d'utilisation liées à la gestion de la demande devront justifier ces coûts.

- Les fournisseurs de services jaugeront les dépenses occasionnées par la mise en place d'installations plus avancées de prise des appels des consommateurs en fonction du niveau de service nécessaire pour attirer et retenir les consommateurs.

- L'énergie verte – solaire, éolienne, de biomasse – sera disponible auprès de certains fournisseurs de services, probablement à un coût plus élevé.

- Les plus forts degrés de qualité de l'énergie seront payés plus cher, ce qui exigera l'installation d'équipements spécialisés pour livrer une électricité conditionnée ainsi que la livraison d'énergie non interruptible.

Fournisseurs

La qualité de l'électricité fournie aux clients dépendra grandement du secteur de la transmission et de la distribution. Ce secteur devra relever les défis suivants :

- la surveillance de l'état des actifs, notamment la température des lignes et leurs étirements ainsi que la corrosion des pylônes;

- la surveillance de l'état du système, y compris en matière de fonction, de limite d'opération et de rendement du système interconnecté de transmission et de distribution;

- la surveillance de l'offre et de la demande, y compris l'interprétation et la transposition des renseignements de marché en information utile pour les systèmes;

- la surveillance de l'état des défaillances, y compris l'amélioration des systèmes et dispositifs actuels de surveillance de l'état du matériel – disjoncteurs, transformateurs, isolateurs;

- la prévision des conditions entourant les défaillances, utilisant un système de surveillance de l'état des actifs pour prévoir des défaillances possibles et prendre les mesures correctives par anticipation;

- la surveillance de l'état des problèmes permettant un diagnostic des conditions indésirables du système découlant de conditions inhabituelles de l'offre et de la demande, pouvant mener au rejet par le système de gestion de la production ou de la charge;

- la prévision de l'état de ces problèmes, y compris la capacité de prévoir les conditions indésirables du système et de poser les gestes correctifs par anticipation;

- les sources d'information et de renseignement, y compris l'amélioration des bases de données actuelles permettant de mieux connaître les données en temps réel ou presque réel;

- les dispositifs de commande et de contrôle, y compris l'automatisation additionnelle pouvant changer le rôle du personnel exploitant;

- le traitement et la prise de décision à l'aide de mécanismes automatisés à haute vitesse couvrant de grandes régions et assurant la protection, au besoin, ou des mécanismes plus lents quand il y a assez de temps et que l'on a

besoin d'utiliser des techniques avancées dans la prise de décision.

Facteurs de marché

Pour bien comprendre les défis croissants en matière de transmission et de distribution, il est nécessaire de bien regarder les facteurs émergents du marché, notamment :

- la déréglementation et la concurrence dans les marchés de production et d'approvisionnement en électricité;
- la reréglementation des systèmes de transmission et de distribution en fonction des incitatifs à la rentabilité;
- la production distribuée d'énergie;
- le caractère exigent des clients;
- les contraintes environnementales;
- les percées de la technologie de l'information.

Retombées économiques et environnementales

Ces facteurs devraient entraîner les retombées suivantes sur l'ensemble de l'industrie de l'électricité :

- étant donné que les services publics n'auront que peu de réserves d'énergie, les systèmes de transmission et de distribution deviendront davantage sujets à des pannes de courant, à court terme;
- alors que la déréglementation attirera un nombre accru de commercialisateurs et de fournisseurs d'énergie, la situation deviendra plus exigeante pour les fournisseurs de services de transmission et de distribution;
- à mesure que les imperfections des systèmes actuels de transmission et de distribution pour opérer rentablement deviendront évidents, les besoins d'information quant à la prévision des charges, à l'évaluation de la sécurité du système et à l'état actuel du système se feront plus pressants;
- compte tenu des contraintes économiques et environnementales, l'ajout de nouvelles lignes de transmission s'avérera plus difficile, incitant ainsi davantage les propriétaires des systèmes de transmission et de distribution à prendre des risques accrus en exploitant encore plus leurs actifs.

Clients

Les clients estiment qu'en s'éloignant des grands monopoles réglementés pour s'approvisionner auprès d'un fournisseur privé et concurrentiel, ils pourront profiter des avantages qu'ils recherchent :

- l'accroissement de la fiabilité d'approvisionnement et de la rapidité de remise en service à la suite d'une panne;
- le choix entre diverses qualités d'énergie, à divers coûts;
- l'option de choisir un niveau particulier de fiabilité d'approvisionnement, à un coût particulier.

Les clients estiment que l'industrie de l'électricité devrait leur donner la possibilité de faire des choix, comme :

- la possibilité de magasiner les meilleurs contrats;
- la gestion de la charge de la clientèle afin d'optimiser les coûts;
- la liberté de choisir la source d'énergie – par ex., énergie verte – et d'exercer sa responsabilité environnementale;
- l'amélioration de l'information au cours de pannes de courant;
- le conditionnement de l'énergie;
- l'établissement de disposition combinée d'achat et de vente.

Système

À l'échelon de la distribution, il y a une demande croissante pour offrir un accès facile au marché aux producteurs à petite échelle, souvent situés à proximité des utilisateurs. Ces producteurs autonomes ou indépendants, dont certains exploitent des installations de cogénération, exigent le droit de vendre leur électricité aux clients ainsi que d'acheter de l'électricité lorsqu'ils en ont besoin. Les retombées de la production locale d'électricité sur les réseaux de transmission et de distribution seront importantes.

4.3 Domaines de technologie critique

Dans le même ordre de choses que celles qui touchent les systèmes de transmission (voir la section 3.3 ci-avant), les quatre grands domaines de technologie critique seront influencés par la technologie de l'information, l'électronique et les télécommunications (tableau 4.1).

Capteurs et contrôle

Il faudra de nouvelles technologies pour surveiller l'état et la condition des actifs – lignes de transmission, tours, pylônes, transformateurs, disjoncteurs et barres omnibus. En outre, les pressions du marché amèneront de nouvelles mesures de protection et de contrôle qui permettront de prendre des décisions mieux éclairées fondées sur l'ensemble des renseignements disponibles sur le système. De plus, il faudra de nouveaux systèmes de collecte des renseignements pour répondre à l'offre et à la demande.

Télécommunications

Les transmissions numériques à haute vitesse et basées sur Internet deviendront plus importantes à mesure que les systèmes de contrôle et de surveillance exigeront une fiabilité accrue, comme celle dont jouissent les systèmes de protection. Des nouvelles solutions en télécommunications seront nécessaires pour surveiller l'état des actifs.

Le système de transmission et de distribution lui-même pourrait servir à transmettre des télécommunications à basse vitesse. Tout comme le modèle Internet, divers éléments du système électrique pourraient avoir des volets d'adressage automatisés, ce qui permettrait au système de reconnaître les éléments connectés au système. Un tel système permettrait également d'automatiser le réseau de distribution pour un meilleur rapport coût-efficacité de la gestion des charges et des pannes, un contrôle de la qualité de l'énergie et une diminution des pertes en électricité. Les obstacles à une telle automatisation du réseau de distribution seront son coût élevé, l'absence d'une architecture fonctionnelle de système ainsi que l'absence de normes au sein de l'industrie.

Traitement et prise de décision

Les réseaux intelligents de livraison de l'électricité exigeront un traitement supérieur et plus rapide, et des systèmes de données capables de prendre des décisions normalement dévolues au personnel. Ils auront également besoin de certains outils pour faire face aux incertitudes croissantes et au potentiel de conflit créés par un marché ouvert et une production davantage distribuée. Cela nécessitera des technologies de pointe fondées sur le savoir – particulièrement sur les réseaux neuraux, la logique floue et l'extraction des données – nécessaires pour le développement de systèmes experts.

Commandes et contrôle

La nécessité d'obtenir davantage de données et d'en venir à une prise de décision plus rapide modifiera le rôle normalement dévolu au personnel opérateur. Un grand nombre des tâches spécialisées du personnel opérateur seront effectuées par des systèmes automatisés de traitement et de prise de décision, donnant

Tableau 4-1. Domaines de technologie critique et besoins

Domaines de technologie critique	Besoins	
	Technologies extrinsèques	**Technologies intrinsèques**
Capteurs et contrôle	• capteurs robotisés détectant les changements de condition physique des immobilisations (par ex., des caméras à infrarouge robotisées) • capteurs fixes détectant les changements de condition physique des immobilisations • répartition de systèmes synchronisés intelligents et de stations terminales éloignées pour une protection et un contrôle intégrés, pour la surveillance des conditions, le comptage, etc.	• fibres optiques intégrées détectant les changements de condition physique des immobilisations • immobilisations constituées de matériaux intelligents détectant les changements • immobilisations à capacité d'adressage de type IP (protocole Internet)
Télécommunications	• technologies d'analyse et de surveillance offertes sur Internet • répartition de systèmes de micro-transmetteurs • réseautique de longue portée, fiable et ultra-rapide • systèmes de sécurité de réseau hautement fiable • système de gestion de la haute sécurité du réseau et du système • Réseautage IP à basse vitesse sur le système de transmission et de distribution • protocoles standardisés • systèmes interopérables intelligents (par ex., satellite de l'environnement sur orbite basse)	• fibres optiques intégrées facilitant la communication des données de condition de l'immobilisation • matériaux intelligents facilitant la communication des données de condition de l'immobilisation
Traitement et prise de décision	• systèmes digitaux ultra-rapides de relais protecteurs • systèmes ultra-rapides de contrôle du réseau neuromimétique • systèmes intégrés de protection et de contrôle • systèmes d'exploration en profondeur des données • systèmes de connaissances • systèmes de simulation • systèmes de prédiction • systèmes experts utilisant les données de tous les autres systèmes • outils élaborés de prise de décision concernant le risque, les aspects techniques et les aspects financiers	

ainsi à ce personnel accès à de meilleurs outils de consultation. Les fonctions de commande et de contrôle deviendront simplement l'extrant du processus de prise de décision.

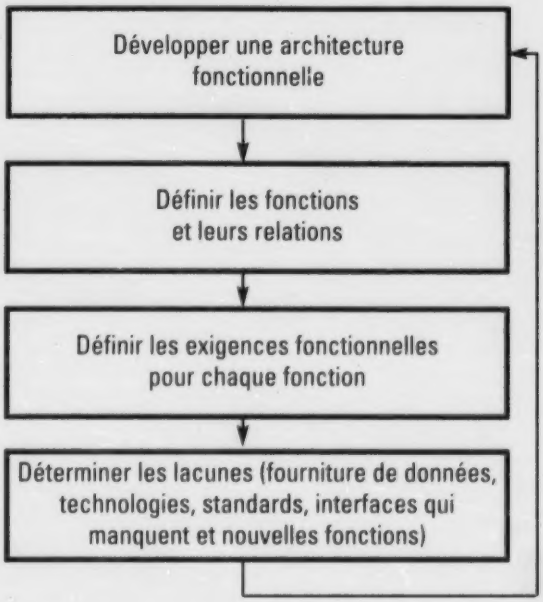
Le centre de contrôle sera remplacé par un système de gestion distribué. On aura surtout besoin de l'intervention humaine en matière de gestion par exception. Avec l'accroissement du niveau de spécialisation des systèmes de gestion, les décisions ressembleront davantage à des décisions d'affaires et elles se démarqueront beaucoup plus, par conséquent, des décisions techniques.

Conclusions

Pour demeurer concurrentiels, les services publics canadiens auront de grands défis à relever à l'égard du niveau d'automatisation nécessaire. Ils devront non seulement décider quelles fonctions automatiser, mais également dans quel ordre. Dans ce contexte, les services publics d'électricité qui se distingueront seront ceux qui développeront une vision exhaustive et intégrée et qui acquerront les meilleurs outils pour réaliser cette vision. Les services publics canadiens et l'industrie canadienne ont, ensemble, l'occasion de collaborer à l'élaboration d'une vision dans le cadre de la prochaine étape de l'établissement d'une carte routière technologique, une initiative d'Industrie Canada. La figure 4-1 indique les diverses étapes à suivre pour en arriver à cette vision.

Une fois cette vision commune établie, les fournisseurs canadiens auront de grands défis à relever. Ils devront, en tout premier lieu, décider dans quelles technologies ils veulent s'engager en prévision des nouvelles exigences du marché. Dans l'élaboration de ces nouvelles technologies, les compagnies canadiennes devraient, autant que possible, tirer parti des capacités existantes de R-D soutenues par les gouvernements (universités, centres d'excellence et partenariats avec l'industrie comme c'est le cas pour le regroupement PRECARN).

Figure 4-1. Processus de développement des systèmes de transmission et de distribution



Les domaines technologiques à développer qui devraient être considérés par les compagnies canadiennes sont notamment :

- les algorithmes de simulation en matière de débit des charges, de stabilité et de sécurité dynamique;
- les communications Internet servant aussi bien au contrôle qu'à l'analyse;
- les systèmes de gestion des données de transmission et de distribution qui pourront utiliser des technologies de pointe fondées sur le savoir, à mesure que ces dernières deviendront disponibles;
- les systèmes intelligents d'exploitation et d'entretien permettant de surveiller les actifs du système en vue d'une analyse de l'état du système et de soutenir la prise de décision;
- la participation à des initiatives internationales permettant l'élaboration de normes internationales.

5 EFFICIENCE DES UTILISATIONS FINALES ET CONVERGENCE

5.1 Profil actuel de l'industrie

Aujourd'hui, l'utilisation d'électricité est synonyme de croissance industrielle. Depuis plusieurs décennies, la croissance de la demande en électricité dans les pays industrialisés s'est faite selon un profil fort similaire à celui de la croissance économique. La société de l'information de pointe, la conception et la fabrication assistées par ordinateur, ainsi que les diverses modifications au style de vie exigent toutes un approvisionnement en électricité de qualité. L'énergie nécessaire à toutes ces activités ne peut pas venir d'autres sources que celle de l'électricité.

Règle générale, l'utilisation de l'électricité devrait engendrer une diminution de la consommation d'énergie et de la pollution; une amélioration de la qualité de l'air à l'intérieur des édifices; une diminution des volumes de déchets; l'accroissement de la qualité des produits; l'intensification des procédés; l'exploitation à distance de systèmes de fabrication; des milieux de travail plus sains; et une compatibilité accrue des appareils de captage et de contrôle, des réseaux neuraux, des contrôles informatiques, de la robotique et des opérations décentralisées de fabrication.

Le ***secteur résidentiel*** utilise l'électricité pour faire fonctionner des appareils électroménagers – cuisinière, réfrigérateur –, des luminaires, des systèmes de divertissement et des appareils de climatisation, dans certains endroits. Certaines résidences sont munies d'un chauffe-eau électrique, même si la majorité utilisent le gaz naturel lorsqu'il est disponible. Au Canada, un petit pourcentage de résidences sont chauffées à l'électricité, la plupart avec des systèmes à résistance électrique et quelques-uns avec des thermo-pompes. Le taux de pénétration des systèmes électriques de chauffage varie grandement selon la région – fort au Québec et faible dans les Prairies. Dans le marché résidentiel à logements multiples, dans certaines régions le chauffage par résistance électrique prédomine – Colombie-Britannique, Québec –, mais il demeure peu élevé dans d'autres régions (il est, par ex., de 20 p. 100 en Ontario). Dans ses achats d'électricité, le client résidentiel n'a aucune option. Il n'existe qu'un seul fournisseur, qui n'offre qu'un seul plan d'achat.

Le ***secteur commercial*** comprend un certain nombre d'exploitations – bureaux, écoles, restaurants, magasins. Ses clients utilisent l'électricité avant tout pour s'éclairer et, dans certain cas, pour climatiser les lieux – rafraîchir, aérer et parfois chauffer. Certaines installations commerciales exigent également un approvisionnement en eau chaude, mais celui-ci est habituellement assuré par des systèmes au gaz naturel. Les utilisateurs commerciaux et institutionnels doivent acheter l'électricité du monopole local, lequel leur offre peu d'options d'achat, voire aucune. Dans le secteur commercial, la qualité de l'énergie n'a pas fait l'objet d'un débat particulier.

Le ***secteur industriel*** comprend l'industrie primaire et le secteur de la fabrication. Même si l'industrie utilise beaucoup d'électricité, cela représente, pour la plupart des entreprises, une dépense mineure par rapport entre autres au coût global de production et aux dépenses d'immobilisations (sauf pour certains procédés utilisant beaucoup l'électricité, comme la production d'aluminium). Règle générale, les procédés industriels utilisent la chaleur provenant d'autres sources de carburants même si, au moment où les industries se modernisent, elles utilisent davantage l'électrotechnologie (micro-ondes) afin d'accroître leur productivité et leur position concurrentielle.

Dans l'industrie, l'électricité sert principalement à alimenter des moteurs qui font fonctionner des machines, des tapis convoyeurs, des compresseurs et des systèmes d'aération. Naturellement, les systèmes d'éclairage sont également alimentés à l'électricité.

Même si l'industrie doit elle aussi traiter la plupart du temps avec un seul fournisseur d'électricité, elle est en mesure de négocier des taux privilégiés. Cette situation est possible parce que les industries sont de grands utilisateurs et que la façon dont celles-ci utilisent l'électricité peut se refléter sur le système du fournisseur. Dans ce secteur, on offre des taux spéciaux, notamment pour l'énergie interruptible et l'utilisation à certaines heures de la journée. L'industrie peut également choisir où installer ses usines, ce qui lui donne la possibilité de négocier des taux spéciaux. Règle générale, l'approvisionnement est fiable et peu coûteux : son achat ne nécessite pas beaucoup d'efforts de la part de l'industrie. Depuis quelques années, la qualité de l'énergie commence à devenir un enjeu dans certaines industries dépendant de l'informatique.

Dans les trois secteurs, l'achat d'électricité ne nécessite que fort peu de réflexion. L'électricité n'étant pas chère, les choix à faire sont très peu nombreux. Il y a peu d'encouragement à chercher à accroître l'efficacité énergétique. Même si un certain nombre de services publics offrent des programmes d'efficacité énergétique, ces programmes ont perdu du terrain au cours des dernières années; peu de services publics offrent des réductions ou encore des mesures d'encouragement à l'efficacité énergétique.

Pour l'instant, l'électricité joue un rôle très limité dans le secteur des transports (elle est surtout présente dans les systèmes de transports publics) même si les accumulateurs, les piles à combustible et les véhicules hybrides (carburant-électricité) commencent à faire leur apparition sur le marché. Même si les véhicules à accumulateurs et à piles à combustible sont encore loin d'être viables, ils sont présents sur le marché. Ces véhicules hybrides peuvent ne pas être chargés à partir de la grille d'énergie. Cependant, on peut utiliser le stockage électrique pour gérer la demande en électricité d'un édifice résidentiel. Pour l'instant, on se sert peu de technologie « verte » – énergie solaire, énergie éolienne. Cette situation devrait changer à mesure que les clients exigent un approvisionnement écologique et que les gouvernements réglementent cet approvisionnement. La production d'énergie verte et de gaz naturel est en partie influencée par les changements climatiques et la tentative de réduire les émissions de gaz à effet de serre. À court terme, la croissance de l'électricité « verte ». rester limitée en raison des coûts.

Certains nouveaux enjeux influenceront grandement le marché futur de l'électricité. La déréglementation des entreprises de télécommunications et la croissance du réseau Internet augmentent la disponibilité de l'information, ce qui permet de trouver de nouvelles façons de faire. Ainsi, une compagnie pourrait consolider ses opérations énergétiques situées dans des localités éloignées et agir ainsi comme client unique.

L'apparition d'une économie mondiale entraîne la fusion de compagnies qui ont un contrôle économique puissant et peuvent déménager des usines un peu partout dans le monde, là où cela s'avère le plus avantageux – lignes aériennes, fabricants, compagnies de services. Nous sommes sans doute au tout début de la mondialisation de l'industrie de production d'électricité. La mondialisation crée un nouvel ordre économique, qui se reflétera dans de nombreux changements par rapport à la situation actuelle (p. ex., aujourd'hui, 30 p. 100 de la planète n'a toujours pas accès à l'électricité).

Les années 1990 ont vu l'ouverture du marché de l'électricité à la concurrence, alors que le marché du gaz naturel avait déjà été

déréglementé dans les années 1980. De nombreuses autorités de réglementation se sont engagées dans la voie d'un marché ouvert, ce que quelques-unes ont réussi à atteindre au cours des années 1990. Cependant, le gros de cette nouvelle concurrence arrivera vers 2010. Par conséquent, l'utilisateur devra savoir beaucoup plus de choses sur l'utilisation de l'électricité et les nombreuses formes d'énergie – y compris la chaleur – afin d'évaluer les possibilités qu'offrent différents fournisseurs. Certains utilisateurs auront avantage à utiliser l'énergie électrique ou la cogénération de chaleur. Un nouveau groupe de courtiers pourrait faire son apparition et aider les utilisateurs à mieux comprendre et à mieux négocier les ententes. Il y aura beaucoup de mesures d'encouragement à l'utilisation efficace de l'énergie et à l'optimisation du temps d'utilisation de cette énergie. Les prix se baseront sur le marché au comptant, parfois très instable, en fonction des prix à court terme. L'utilisateur recherchera des arrangements qui lui permettront d'obtenir le meilleur prix, tout en se protégeant des fluctuations de prix.

5.2 Vision 2020

L'électricité continuera d'être la source préférentielle d'énergie. L'électrification des diverses économies nationales s'accroîtra de pair avec la demande d'une gamme de technologies d'utilisation finale exigeant l'électricité, de technologies hybrides (électricité-carburants fossiles) et de systèmes associés de traitement de l'information, de communications et de contrôle.

Ces technologies seront grandement influencées par les percées continuelles des technologies de l'information et des communications et par la convergence dans la distribution des services énergétiques. Une autre influence importante sera la déréglementation de la production d'électricité, déjà en cours, qui pourra se refléter par des prix instables et soulever des questions en matière de fiabilité d'approvisionnement.

Un certain nombre de sources d'information confirment que les grands facteurs d'influence de l'énergie électrique d'ici 2020, et même par la suite, seront :

- la mondialisation, découlant de l'électrification globale et des interconnections de télécommunication à l'échelle mondiale, qui s'est déjà grandement reflétée dans tous les aspects de la vie économique, de la fabrication et du service à la clientèle, et qui pourrait s'accroître encore au cours des décennies à venir;

- les énormes possibilités offertes par des systèmes de communication rapide comme le réseau Internet, qui rendent les conditions du marché encore plus fragile où les investisseurs mettent leur argent n'importe où, à leur guise, en appuyant sur une touche, et où l'accent est mis sur la valeur pour les actionnaires et sur le marché des actions;

- les règlements concernant les risques et les responsabilités liés aux incidences environnementales, à la santé, à la sécurité et à la protection de la valeur des actifs pour les actionnaires.

Perspectives sectorielles

D'ici vingt à cinquante ans, les immeubles seront dotés de systèmes intelligents et intégrés de gestion pouvant réagir aux prévisions météorologiques et maximiser l'utilisation de la chaleur naturelle et des sources d'éclairage tout en réduisant les émissions atmosphériques. Ces systèmes amalgameront sous une forme ou une autre, dans l'édifice même, la cogénération d'énergie, le stockage de l'énergie ou encore la remise de l'énergie à la grille centrale, ainsi que la conversion de l'énergie de grille, du courant alternatif en courant direct. Ces combinaisons permettront d'accroître ou d'améliorer, selon le cas, la qualité de l'énergie, la capacité à rehausser l'alimentation en énergie de faible puissance provenant de la grille, le traitement et le recyclage des déchets

des immeubles, la gestion des systèmes de divertissement domestiques en réalité virtuelle et les systèmes intégrés de haute efficacité permettant la climatisation, la production d'eau chaude, l'éclairage, les divers besoins en énergie ainsi que la gestion très efficace d'appareils électroménagers alimentés par courant direct.

L'industrie se dotera de systèmes de plus en plus numérisés de fabrication, de fabrication pour recyclage et réutilisation, et de fabrication souple de nombreux produits spécialisés et de petite envergure. Les compagnies se doteront d'usines à faible décharge et à cycle fermé ainsi que de procédés et d'installations très intégrés et intensifiés utilisant tous les flux de déchets, faisant un usage accru des bioprocédés et des biomatériaux de pointe, s'appuyant de plus en plus sur la production d'électricité au sein même de l'installation, et intensifiant les électrotechnologies finales et les technologies d'utilisation finale du gaz naturel. Ces usines auront aussi une capacité accrue d'améliorer la qualité de l'énergie lorsque la grille énergétique offre une énergie de piètre qualité et pourront ainsi remettre les excédents d'énergie à la grille.

En matière de transports, on verra apparaître les technologies tels que les systèmes intelligents de gestion de la circulation automobile, les véhicules hybrides (électricité-carburant) et les véhicules propulsés par piles à combustible dont l'hydrogène est produit par le recyclage du gaz naturel ou par électrolyse ou encore par combustion d'essence fabriquée tout particulièrement pour les piles à combustible. D'autres véhicules beaucoup plus propres en matière d'utilisation de l'essence et du diesel feront aussi leur apparition. En ce qui touche les systèmes, on assistera à une plus grande intégration des systèmes de transports grâce à de nouveaux plans de conception et de réingénierie des systèmes urbains permettant de réduire et de faciliter l'utilisation de l'énergie et le temps de déplacement vers le travail, d'utiliser des systèmes de transport public multimodaux électriques, lesquels amèneront l'abandon progressif de l'automobile privée. Il y aura aussi une certaine réduction des déplacements au cours des heures de pointe alors que davantage de personnes travailleront à domicile (y compris en télécommandant des installations de fabrication à partir du domicile).

En ce qui touche les secteurs des immeubles, des industries et des transports, une gamme de systèmes d'énergie feront leur apparition – des mini-grilles, des systèmes qui ne se branchent pas du tout à la grille (certains immeubles et certaines industries), des « énergiplexes » pouvant offrir la chaleur, l'énergie, les produits chimiques et les matériaux, des « parcs éco-industriels » intégrant industries et immeubles, en leur fournissant la chaleur et l'énergie de diverses usines de cogénération et de traitement des déchets, ainsi que des « collectivités autarciques » intégrant immeubles, industries, transports, services municipaux et utilisation du territoire, pouvant produire leur propre électricité et leur propre chaleur.

Ces systèmes devraient fonctionner à partir de capteurs, de mécanismes de contrôle et de systèmes de gestion électronique hautement spécialisés. La grille de transmission unifiée et numérique permettra le transport de vastes volumes d'énergie, de façon précise et fiable, sur l'ensemble du territoire nord-américain tout en gérant un nombre rapidement croissant de transactions commerciales en matière d'électricité.

Facteurs de marché

La mondialisation, la saturation des marchés et l'accent de plus en plus marqué sur la valeur pour les actionnaires d'un grand nombre d'industries engendreront la fabrication à faible coût. D'un point de vue énergétique, cela veut dire mettre l'accent sur les réductions de coûts énergétiques. Il sera très important de maintenir de faibles coûts énergétiques, ce qu'un marché déréglementé permettra. L'un des facteurs à l'appui sera l'accès immédiat,

par les systèmes d'information, à l'information sur les coûts énergétiques offerts sur le marché au comptant. Cette information portera, par exemple, sur les producteurs offrant de l'énergie à faible coût et sur ceux offrant des services en temps réel à la clientèle, tout particulièrement des services souples d'établissement des prix, des profils des besoins des consommateurs en matière d'énergie, des systèmes de diagnostic et de rapport rapide sur les pannes d'énergie et des systèmes de gestion de l'énergie.

Les produits à faible coût, les pressions démographiques et les enjeux environnementaux favoriseront également l'efficacité énergétique, à long terme. Les fournisseurs de services et de technologie seront alors favorisés dans les domaines suivants : l'analyse énergétique de pointe, l'intégration des procédés, et les systèmes et technologies hybrides. Dans ce dernier cas, il faut inclure le concept de sources multiples d'énergie (par ex., la combinaison de l'électricité et du gaz) où l'efficacité globale des systèmes sera supérieure à celle qui se fondera sur une seule source d'énergie.

Ces facteurs de marché auront diverses importances selon le segment de marché choisi (tableau 5-1). Le groupe de travail, après avoir discuté de divers moyens de segmenter le marché, s'est finalement entendu sur la façon traditionnelle de faire les choses, soit par secteur résidentiel, commercial et institutionnel, et industriel.

5.3 Domaines de technologie critique

Cette section vise à aider l'industrie canadienne de l'électricité à mieux se préparer en vue de la concurrence qui doit venir au cours de la période s'étendant jusqu'en 2020, en identifiant les technologies critiques associées à l'efficience des utilisations finales et à la convergence, en fonction de la demande du marché. Ces technologies devraient être en demande, soit pour répondre à de nouvelles exigences des consommateurs, soit pour répondre à la concurrence.

La chaîne des activités observe la chronologie suivante :

Besoins des consommateurs → besoins fonctionnels → technologies à l'appui

Les tableaux 5-2, 5-3 et 5-4 indiquent, pour chaque besoin de consommation, les besoins fonctionnels et les technologies à l'appui pour chacun des marchés (résidentiel, commercial et institutionnel, et industriel). Le besoin fonctionnel découle du besoin des consommateurs en ce qui touche les exigences techniques générales, sans limiter la technologie à nos connaissances actuelles. Les technologies à l'appui ou de soutien définissent plus précisément le besoin fonctionnel et permettent de cerner certaines technologies qui semblent être nécessaires afin de répondre aux besoins en question. Cette prévision se fonde sur les connaissances ainsi

Tableau 5-1. Besoins des consommateurs dans trois secteurs de marché, par ordre décroissant d'importance

Secteur résidentiel	Secteur commercial et institutionnel	Secteur industriel
• source fiable d'énergie • énergie à prix modique • qualité de l'air à l'intérieur et santé • télécommunications fiables • faible impact environnemental • systèmes compacts de distribution d'énergie	• énergie à prix modique • source fiable d'énergie • qualité de l'air à l'intérieur • systèmes intégrés (y compris les télécommunications) • gestion intelligente de l'énergie • faible impact environnemental	• source fiable d'énergie • faible coût de production • productivité accrue • respect des réglementations environnementales

que sur l'extrapolation de ce que peut réserver l'avenir. Les technologies innovatrices peuvent dépasser ces prévisions mais il est impossible de prédire en quoi elles consisteront. Le terme « technologies à l'appui » est ici préféré à celui de « technologies critiques » parce que les membres du groupe de travail n'ont pas évalué le degré d'élaboration ou de maturité de chaque technologie. La répétition d'un tableau à l'autre est intentionnelle afin de présenter une perspective complète de chaque secteur.

Maintenant que l'on a bien cerné les technologies à l'appui de chacun des trois secteurs de marché, les diverses technologies (que l'on appelle technologies critiques) sont alors regroupées selon les grandes applications. Les technologies critiques devraient être essentielles pour les utilisateurs finaux ou pour les fabricants de matériel afin de répondre aux besoins des clients, tel que redéfini par les technologies à l'appui. On peut élaborer ou acheter une technologie critique ou encore assister à l'arrivée d'une nouvelle percée technologique sur le marché.

Pour résumer, la chaîne des activités permettant de cerner les technologies critiques se présente comme suit :

Besoins des clients → besoins fonctionnels→ technologies à l'appui → technologies critiques

Étant donné les similitudes entre les technologies requises pour le secteur résidentiel d'une part, et commercial et institutionnel d'autre part, elles sont regroupées. En outre, afin de faciliter la consultation, elles sont énumérées en fonction de l'application majeure ou du besoin du client au tableau 5-5 ci-après; par conséquent, la liste des technologies critiques comporte peu de chevauchement.

En ce qui concerne le secteur industriel (tableau 5-6), les auteurs n'ont pas cherché à cerner chaque technologie critique pour l'instant, compte tenu de la très vaste gamme de procédés et de technologies industriels. Le tableau 5-7 indique les besoins fonctionnels et les technologies à l'appui. Pour identifier une technologie critique d'un sous-secteur industriel donné avec une certaine précision, la participation ou la consultation des utilisateurs finaux eux-mêmes, des fabricants de matériel ou de leur association est nécessaire. Cet exercice en profondeur devrait faire partie de l'étape suivante des prévisions technologiques.

La démarche du groupe de travail représente à première vue une méthode raisonnable pour cerner la liste des technologies critiques qui devraient être nécessaires, en fonction des besoins perçus des clients. À cette étape, on ne cherche pas vigoureusement à restreindre cette liste, étant donné que l'on suppose qu'une évaluation en règle des technologies nécessaires devrait faire appel aux intervenants eux-mêmes, c'est-à-dire aux utilisateurs finaux, aux fabricants de matériel et à leurs associations respectives, au besoin. Ces résultats devraient par conséquent être validés par un sondage ou par des consultations traditionnelles auprès de ces intervenants.

Entre temps, cette liste demeure un bon point de départ pour commencer les consultations dans l'optique de valider les technologies qui sont vraiment critiques, ce qui permettra ensuite de décider lesquelles devraient être développées au Canada plutôt qu'être achetées à l'extérieur. Pour ces consultations, il pourrait être judicieux de regrouper les industries en fonction de leurs préoccupations technologiques, étant donné que les résultats porteront sur la résolution de leurs problèmes particuliers.

Même si l'on n'a pas parlé de façon particulière de la convergence, ses incidences font partie de l'évaluation des besoins des clients et de l'identification des technologies requises.

Tableau 5-2. Technologies à l'appui du secteur résidentiel

Besoins du client	Besoins fonctionnels	Apports technologiques
Source fiable d'énergie	• chauffage et climatisation à l'aide de : – systèmes de bi-énergie ou de multi-énergie (électricité, mazout, gaz) – stockage d'énergie thermique (chaude et froide) • production et entreposage d'électricité sur place, en combinant la chaleur et l'électricité	• nouveau concept et emballage pour : – les brûleurs fonctionnant à l'électricité et au mazout ou au gaz – le stockage thermique utilisant des matériaux solides (réaction chimique ou adsorption) ou des matériaux pouvant changer de phase (eau/glace ou autres) • production à petite échelle : cogénération, micro-turbine, piles à combustible, batterie, panneaux photovoltaïques, utilisation d'un véhicule électrique communautaire comme source alternative de courant
Énergie à prix modique	• gestion de l'énergie – contrôle automatique du chargement en électricité, retardant l'alimentation des appareils non prioritaires – système multi-(bi)énergie : sélection automatique de l'électricité ou des combustibles fossiles, selon le tarif (le moment de la journée) – acquisition de données sur la consommation énergétique (kilowatt-heure ou carburant) des principaux appareils ménagers	• systèmes de contrôles conviviaux et souples avec option (électricité, carburant et choix du tarif) de communication de collecte de données et signaux de prix • stockage d'énergie (électrique et thermique)
Qualité de l'air à l'intérieur et santé	• ajustement adéquat de la qualité de l'air à l'intérieur en utilisant des systèmes perfectionnés de chauffage, de climatisation et de ventilation qui tiennent compte du nombre d'occupants et de l'heure de la journée • réduction de la quantité de particules en suspension dans l'air intérieur car pas de combustion à l'intérieur de la maison • réduction des contaminants allergènes en améliorant les matériaux de la maison et de l'ameublement • réduction de la production d'ozone • amélioration des réglementations	• systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation avec des contrôles perfectionnés (contrôle adaptatif ou neuronique) et des filtres perfectionnés répondant aux exigences de l'IAQ • développer des nouveaux concepts de brûleur • développer de nouveaux matériaux pour la construction et l'ameublement qui réduisent les problèmes d'allergies
Télécommunications fiables	• télécommunications fiables • approvisionnement en électricité de qualité adéquate (constance et qualité du courant et compatibilité électromagnétique) rendant possible les commandes à distance, l'automatisation du logement, les opérations bancaires à distance, la sécurité de la maison, les lectures de compteurs à distance, les colliers d'alarmes pour les personnes âgées ou handicapées	• systèmes de télécommunications fiables avec système d'urgence • alimentation des appareils électroniques grâce au stockage d'énergie électrique • alimentation en énergie pour des applications spécifiques et/ou intégration au câblage de la maison

Tableau 5-2. Technologies à l'appui du secteur résidentiel *(suite)*

Besoins du client	Besoins fonctionnels	Apports technologiques
Faible impact environnemental	• besoin réduit en énergie générant une émission minime de gaz à effet de serre • possibilité de choisir l'énergie verte de l'eau et de l'air ambiant des habitations	• systèmes de récupération de l'énergie (thermopompe) provenant des appareils ménagers et de l'utilisation de l'eau, pour contribuer au chauffage • production d'énergie verte sur place, en utilisant des panneaux photovoltaïques, thermiques et solaires • nouveaux matériaux pour l'isolation thermique compacte
Systèmes compacts de distribution d'énergie	• mise au point de systèmes miniaturisés pour chauffer l'eau, chauffer et climatiser les habitations	• développement d'unités compactes avec de nouveaux matériaux

Tableau 5-3. Technologies à l'appui du secteur commercial et institutionnel

Besoins du client	Besoins fonctionnels	Apports technologiques
Énergie à prix modique	• gestion de l'énergie à l'aide de : • contrôle automatique du chargement en électricité qui retarde l'alimentation des équipements non prioritaires • système multi-(bi)énergie : sélection automatique de l'électricité ou des combustibles fossiles selon le tarif (le moment de la journée) • acquisition de données sur la consommation énergétique (kilowatt/heure ou carburant) des équipements principaux, ou selon l'utilisation • développement d'équipements et d'appareils à haut rendement énergétique	• systèmes de contrôles conviviaux et souples (électricité, carburant et choix du tarif) pouvant communiquer les choix de collecte de données et les signaux de prix • stockage d'énergie (électrique et thermique)
Source fiable d'énergie	• chauffage et climatisation à l'aide de : – systèmes de bi-énergie ou de multi-energie (électricité, mazout, gaz) – stockage d'énergie thermique (chaude et froide) – cogénération (électricité et chaleur) • production et entreposage d'électricité sur place, à l'aide d'une combinaison de chaleur et d'électricité	• nouveau concept et emballage pour : – les brûleurs fonctionnant à l'électricité et au mazout ou au gaz – le stockage thermique en utilisant des matériaux solides (réaction chimique ou adsorption) ou des matériaux pouvant changer de phase (eau/glace ou autres) • production à petite échelle (cogénération) : micro-turbine, piles à combustible, batterie, utilisation d'un véhicule électrique communautaire comme source alternative de courant
Qualité de l'air à l'intérieur	• ajustement adéquat de la qualité de l'air à l'intérieur en utilisant des systèmes perfectionnés de chauffage, de climatisation et de ventilation qui tiennent compte du nombre d'occupants et de l'heure de la journée • réduction des contaminants allergènes • amélioration des matériaux de construction et d'ameublement	• système de chauffage, de ventilation et de climatisation avec des contrôles perfectionnés (contrôle adaptatif ou neuronique) et des filtres perfectionnés répondant aux exigences de l'IAQ • développer de nouveaux matériaux et de construction et matériaux pour l'ameublement réduisant les problèmes d'allergies
Systèmes intégrés (y compris les télécommunications)	• télécommunications fiables • approvisionnement en électricité de qualité adéquate (constance et qualité du courant, compatibilité électromagnétique) garantissant la fiabilité des communications	• systèmes de télécommunications fiables avec système d'urgence autonome • alimentation des appareils électroniques grâce au stockage de l'énergie électrique • alimentation en électricité pour des utilisations spécifiques et/ou intégration au câblage du bâtiment
Gestion intelligente de l'énergie	• systèmes perfectionnés de communication et information • interface intelligente entre la demande (du client) et la production	• système d'information jumelant les besoins du client avec ceux du commerce ou de l'institution
Faible impact environnemental	• contrôle de la pollution par des déchets dangereux • recyclage et traitement des déchets • possibilité de choisir l'énergie verte	• plusieurs électro-technologies • énergie verte : panneaux photovoltaïques, solaires, thermiques

Tableau 5-4. Technologies à l'appui du secteur industriel

Besoins du client	Besoins fonctionnels	Apports technologiques
Source fiable d'énergie	• système garantissant l'approvisionnement en électricité de qualité adéquate (constance et qualité du courant électrique, compatibilité électromagnétique) • effet minime des pannes et des perturbations électromagnétiques • approvisionnement ininterrompu en électricité pour les procédés critiques : batterie, piles à combustible • production et stockage d'énergie sur place : combinaison de chaleur et d'électricité	• technologies de stockage d'énergie électrique (brève perturbation) : compensateurs en série, ultra-condensateurs, volants d'inertie • alimentation en énergie pour des applications spécifiques et/ou intégration au câblage du bâtiment • applications utilisant le courant continu • modification de la conception des piles à hydrogène • coproduction
Faible coût production	• développement de nouveaux matériaux : céramiques, matériaux composites, nouveaux matériaux compacts d'isolation thermique, traitement de surface • gestion de l'énergie : – système multi-(bi)énergie : sélection automatique de l'électricité ou des combustibles fossiles, selon le tarif (le moment de la journée) – contrôle automatique du chargement en électricité qui retarde l'alimentation des équipements non prioritaires (option hors circuit) – profil de consommation d'énergie (kilowatt/heures ou carburant) pour chacun des procédés • procédé à haut rendement énergétique • amélioration de la récupération de la chaleur	• systèmes de contrôle adaptatifs et de intelligents permettant de choisir différents types d'énergie (stockage d'énergie et passage en mode de chargement) et fournir une collecte appropriée de données • moteurs et commandes efficaces (commandes à vitesse variable) pour les pompes, les compresseurs et les ventilateurs • possibilité de collecte de données • thermopompes pour récupérer la chaleur des différents procédés et contribuer aux besoins en chauffage
Productivité accrue	• fabrication sur mesure • interface intelligente entre le client et l'usine de fabrication • utilisation des électro-technologies pour aider au contrôle des procédés et à la qualité du produit (tableau 5-7)	• adaptation de la technologie de procédé de pointe • procédés de fabrication souples • système de communication jumelant le client à l'usine de fabrication • moteurs et commandes efficaces (commandes à vitesse variable) pour les pompes, les compresseurs et les ventilateurs • choix approprié d'électro-technologies selon les secteurs industriels (tableau 5-7)
Respect des réglementations environnementales	• recyclage des eaux résiduaires et des déchets • modification des procédés pour réduire les déchets • échantillonnage en temps réel et analyse des contaminants • remplacement des procédés pour diminuer l'émission des gaz à effet de serre	• choix approprié d'électro-technologies selon les secteurs industriels (tableau 5-7)

Tableau 5-5. Technologies critiques du secteur résidentiel et du secteur commercial et institutionnel

Besoins du client	Technologies critiques
Source fiable d'énergie	• brûleurs multi-énergie ou bi-énergie possédant une source alternative intégrée d'énergie (par ex., batteries perfectionnées, piles d'oxydo-réduction, micro-turbines, piles à combustible ou véhicule électrique) • systèmes souples combinant la chaleur et l'électricité (cogénération) de capacités appropriées • stockage thermique compact et efficace (chaud et froid) utilisant des matériaux solides ou des matériaux pouvant changer de phase • moteurs à combustion interne, micro-turbines, moteurs Stirling et piles à combustible pour satisfaire simultanément aux demandes d'éclairage, de chauffage et de climatisation • pour les brèves perturbations de courant : systèmes de contrôle de la qualité du courant et stockage d'énergie électrique (par ex., compensateurs en série à prix modique, ultra-condensateurs, volants d'inertie) • diagnostic en temps réel des pannes de courant
Énergie à prix modique	• systèmes de contrôle adaptatifs et intelligents (conviviaux) permettant de choisir différents types d'énergie (y compris le stockage d'énergie et le passage en mode de chargement) selon les tarifs • appareils à haut rendement comme les systèmes combinant l'eau, un radiateur indépendant et un ventilateur-récupérateur de chaleur (par ex., thermopompes et générateurs de chaleur pour le chauffage et la climatisation de l'air et le chauffage de l'eau) • systèmes de communication pour obtenir la collecte de données et les signaux de prix • climatisation et chauffage urbain • systèmes combinés de chaleur et électricité sur place (moteurs à combustion interne, micro-turbines, moteurs Stirling et piles à combustible)
Qualité de l'air à l'intérieur	• systèmes de chauffage, ventilation et climatisation avec des contrôles perfectionnés (adaptatif et neuronique) • conception de nouveaux brûleurs pour éliminer les émissions dues à la combustion • filtres actifs pour récupérer les composés organiques volatils: monoxyde de carbone et autres contaminants • nouveaux matériaux de construction et d'ameublement réduisant la possibilité de problèmes d'allergies
Télécommunications	• systèmes d'information pour jumeler les demandes du client avec celles des résidences, des entreprises et des usines de fabrication • systèmes de communication à prix modique pour surveiller et contrôler les appareils, l'équipement de procédés, l'éclairage et les systèmes de chauffage et de climatisation
Faible impact environnemental	• systèmes et équipement d'utilisation finale à haut rendement énergétique, comme les systèmes combinés chaleur-électricité et les thermopompes • systèmes de contrôle intelligents et adaptatifs optimisant l'efficience et réduisant l'émission de gaz à effet de serre • utilisation de thermopompes et de nouvelles techniques pour récupérer l'énergie de l'air d'évacuation • utilisation d'énergie verte : solaire, photovoltaïque, thermique • nouveaux matériaux pour l'isolation thermique • utilisation des électro-technologies, s'il y a lieu, pour le secteur commercial (tableau 5-7)

Tableau 5-6. Technologies critiques du secteur industriel

Besoins du client	Technologies critiques
Source fiable d'énergie	• sources alternatives d'énergie satisfaisant les besoins en matière de qualité de courant et de compatibilité électromagnétique • systèmes combinant la chaleur et l'électricité (cogénération) intégrés aux systèmes des usines ou des communautés adjacentes • pour les brèves perturbations de courant : systèmes de contrôle de la qualité du courant et stockage de l'énergie électrique (compensateurs en série à prix modique, ultra-condensateurs, volants d'inertie) • diagnostic en temps réel des pannes de courant
Réduction des coûts de production	• systèmes de contrôle adaptatifs et intelligents (conviviaux) permettant de choisir différents types d'énergie le stockage d'énergie, et le passage en mode de chargement, selon les tarifs • systèmes de communication pour obtenir la collecte de données et les signaux de prix • récupération de la chaleur par divers procédés pour contribuer aux besoins en chauffage (thermopompe, compresseur mécanique de vapeur) • systèmes combinant la chaleur et l'électricité sur place • énergie additionnelle pouvant fournir de l'électricité, du chauffage et de la climatisation à la communauté adjacente
Augmentation de la productivité	• adopter les technologies de pointe • utiliser les électro-technologies, tel que suggéré pour les différents secteurs industriels (tableau 5-7) • mettre en place des procédés de fabrication flexibles, compatibles aux systèmes d'information • utiliser des moteurs et des commandes efficaces pour les pompes, les compresseurs et les ventilateurs
Respect des réglementations environnementales	• équipement d'utilisation finale à haut rendement énergétique • systèmes de contrôle intelligents et adaptatifs, optimisant l'efficacité et réduisant l'émission des gaz à effet de serre • utilisation des électro-technologies, tel que suggéré au tableau 5-7 • nouveaux matériaux pour améliorer les performances et faciliter la fabrication • intégration des procédés pour réduire la consommation d'eau et d'énergie (récupération de chaleur) • utilisation d'énergie verte : éolienne, thermique, solaire, photovoltaïque
Applications industrielles	• utilisation des technologies, tel que suggéré au tableau 5-7, pour les besoins communs de l'industrie et des secteurs résidentiel, commercial and institutionnel • utilisation des électro-technologies, tel que suggéré pour divers secteurs industriels (tableau 5-7)

Tableau 5-7. Besoins fonctionnels et technologies à l'appui du sous-secteur industriel

Secteurs industriels	Besoins fonctionnels	Apports technologiques – procédés technologiques	État
Aluminium	• électrolyse à haut rendement énergétique • électrode peu consommable • réduction du perfluocarbone provenant des effets d'anodes	• amélioration de l'efficacité des cellules de Hall-Héroult • nouveaux procédés d'électrolyse • cathodes mouillables, électrodes de graphite	R-D R-D R-D
	• remplacement des combustibles fossiles par la technologie électrique pour sécher les électrodes	• électro-technologies disponibles (modification de la conception du procédé requise)	R-D
	• amélioration de la récupération de l'aluminium des rebuts (contenant d'autres métaux, du vernis, scories etc.) en n'utilisant aucun ou une quantité minime de fondant	• le four de fusion en atmosphère inerte : Droscar et Alcan utilisent le jet d'arc (EA); le jet de plasma est aussi disponible	commercialisation
	• fusion ou refusion en diminuant les émissions des gaz à effet de serre	• remplacement des fours à combustibles fossiles par des fours électriques : EA, plasma, induction • amélioration de l'efficacité actuelle des fours	commercialisation
Acier	• agitation	• agitateur électromagnétique	commercialisation
	• augmentation du recyclage		
	• remplacement de l'agglomération en boulettes par le frittage		
	• production d'acier en diminuant les émissions de gaz à effet de serre, en remplaçant certains hauts fourneaux	• four à jet d'arc (EAF) • réduction de la fusion directe • amélioration des procédés de contrôle et de détection • electrolyse (nouveau procédé) • injection de gaz naturel au lieu de charbon	commercialisation R-D R-D en développement R-D
	• utilisation de l'alimentation en courant continu au lieu du courant alternatif (en EAF)	• courant électronique	en développement, commercialisation
	• amélioration de l'efficacité d'utilisation intégrale de l'énergie	• thermopompes, pompes thermiques à haute température	en développement commercialisation
	• diminution des émissions de gaz à effet de serre lors de la fusion/attente/refusion	• EAF, induction	commercialisation
	• moulage en plaque mince	• technologie de moulage en plaque mince	commercialisation
	• diminution des émissions de gaz à effet de serre lors du traitement thermique	• résistance, induction, infrarouge	commercialisation
	• diminution des émissions de gaz à effet de serre lors de la finition (traitement de surface)	• dépôts électrochimiques • dépôts thermiques	commercialisation commercialisation
	• moteurs à haut rendement énergétique	• moteurs électriques efficients avec des commandes à vitesse variable	commercialisation
	• production efficiente de chaleur et d'électricité	• cogénération	commercialisation

Produits chimiques	• nouveaux procédés de synthèse	• procédés électrochimiques	R-D
	• nouveaux catalyseurs à l'échelle nanométrique		R-D
	• nouveaux réacteurs électrochimiques		R-D, en développement
	• production et séparation de certains produits chimiques par électrodialyse		R-D, en développement
	• nouveaux matériaux pour les électrodes		R-D, en développement
	• nouveaux procédés d'électro-catalyse		R-D, en développement
	• séparation ou concentration pour remplacer la distillation	• membranes hybrides et distillation • recompression mécanique de la vapeur	R-D, en développement
	• recyclage des produits chimiques et de certains déchets solides		en développement
	• membranes efficaces pour les produits caustiques et chlorés		en développement
	• électrodes stables pour l'électrolyse		en développement
	• récupération de la chaleur	• thermopompes, recompression mécanique de la vapeur • pompes de chaleur à haute température	commercialisation R-D
	• force motrice	• moteurs électriques efficients avec commande à vitesse variable	commercialisation
Pâtes et papiers	• surveillance en temps réel du papier	• contrôle et détecteurs	
	• surveillance en temps réel de la charge d'alimentation des copeaux	• contrôle et détecteurs	
	• douceur du papier	• détecteurs ultrasoniques	
	• séchage des copeaux à brûler	• récupération des fumées, recompression mécanique	
	• recyclage des produits chimiques	• membranes, procédés électrochimiques	R-D, en développement
	• amélioration de la qualité des eaux usées	• filtration, ozone	R-D, en développement
	• séchage du papier • épaisseur du papier	• induction (séchage par impulsion) • induction, résistance	en développement en développement
	• diminution de la contamination lors des procédés de blanchiment	• utilisation d'ozone	R-D, en développement
	• diminution de l'émission de gaz à effet de serre lors de la production des pâtes (remplacement du procédé kraft)	• procédé thermo-mécanique de réduction en pâtes et procédé chimio-thermo-mécanique de réduction en pâtes	commercialisation
	• force motrice	• moteurs efficients à haut rendement énergétique et commandes à vitesse variable	commercialisation
	• gazéification des boues usées et de la biomasse	• cogénération	commercialisation en développement
	• séchage des boues	• séchage par impulsion, recompression mécanique de la vapeur	en développement

Mines	• procédé efficace de broyage	• séparateur par grandeur en direct • techniques ultrasoniques	
	• alternative à l'utilisation de la dynamite	• décharge électrique élevée, laser, eau sous pression élevée	R-D, en développement
	• force motrice	• moteurs efficients à haut rendement énergétique et commandes à vitesse variable	commercialisation
	• récupération de la chaleur	• thermopompes, recompression mécanique de la vapeur	commercialisation
	• optimisation de la chaleur	• thermopompes • pompes de chaleur à haute température • cogénération	commercialisation en développement commercialisation
	• véhicules électriques dans les mines	• moteurs et batteries efficaces	commercialisation, en développement
	• combinaison chaleur-électricité	• cogénération	commercialisation
Raffinage du pétrole	• amélioration des procédés de distillation et séparation	• intégration des membranes aux procédés	R-D, en développement
	• modifications des équipements		
	• amélioration des catalyseurs		R-D
Minéraux non métalliques–verre	• amplificateur thermique	• systèmes d'amplification électrique	
	• recyclage du verre		
Ciment	• nouveau procédé utilisant des fours à lits fluidisés		
	• nouveaux additifs provenant de matériaux de récupération		
Alimentation	• cuisson faible en gras		
	• stérilisation	• radiation, infrarouge, micro-ondes, fréquences radio	
	• cuisson rapide		
Bois	• matériau stérile		
	• amélioration des techniques de séchage du bois		
	• amélioration de la manipulation du bois		
	• bois de haute technologie		
Fabrication	• augmentation de la productivité	• adoption des électro-technologies de pointe	R-D
Technologie transversale	• optimisation des procédés et contrôle à l'aide de systèmes d'intelligence artificielle	• détecteurs et logiciels	développement
	• récupération de la chaleur	• thermopompes, recompression mécanique de la vapeur, pompes de chaleur à haute température	commercialisation, en développement
	• combinaison chaleur-électricité	• cogénération	commercialisation
		• biotechnologies	
	• moteurs et systèmes de commandes	• moteurs à haut rendement et commandes à vitesse variable	commercialisation

6 PRODUCTION À PETITE ÉCHELLE ET ÉNERGIE RENOUVELABLE

6.1 Profil actuel de l'industrie

À ce jour, la production à petite échelle et la production d'énergie renouvelable n'ont pas provoqué de retombées importantes. L'approvisionnement en énergie électrique est dominé par les grandes centrales électriques, exploitées au Canada comme des monopoles par les gouvernements provinciaux. Dans le cadre actuel, la production à petite échelle et la production d'énergie renouvelable n'ont pas été en mesure de s'imposer de façon concurrentielle. Cependant, le climat change rapidement à mesure que l'industrie d'approvisionnement en électricité passe à une nouvelle ère de concurrence ouverte. Ce facteur, associé aux préoccupations environnementales de plus en plus grandes et aux risques en capital, crée beaucoup d'intérêt pour la production distribuée utilisant l'énergie provenant des producteurs à petite échelle et des producteurs d'énergie renouvelable.

Clients

L'on se préoccupe de plus en plus des incidences environnementales des méthodes actuelles de production et de distribution d'électricité. Ainsi, les méthodes suivantes engendrent des inquétudes précises :

- production d'énergie à partir de centrales nucléaires – inquiétudes quant au stockage et à la mise au rebut des carburants usés;
- production par combustion de carburants fossiles – inquiétudes quant à la pollution de l'air, aux gaz à effet de serre et aux pluies acides;
- production hydro-électrique – inquiétudes à propos des barrages et des bassins inondés;
- systèmes de transmission – inquiétudes quant à la pollution visuelle et à la nocivité des radiations électromagnétiques.

Les clients envisagent la production d'électricité à petite échelle ou la production d'électricité à partir d'énergie renouvelable comme des solutions à ces problèmes. Il y a un intérêt grandissant pour les méthodes vertes, propres et petites. Cependant, la cogénération industrielle ne représente pas un fait commun au Canada. Les taux d'électricité sont faibles. On a souvent l'impression que les services publics en monopole s'opposent à la production d'électricité par les clients – les services publics peuvent offrir un meilleur contrat afin d'arrêter l'installation d'un système de cogénération –, sans parler des possibilités de réglementation onéreuses. En outre, les investisseurs s'inquiètent du coût élevé et de la piètre fiabilité des opérations continues. La production à petite échelle est souvent perçue comme étant risquée, les industries trouvant plus profitable d'investir leur capital dans leurs activités principales.

Il n'existe pour ainsi dire pas de production à petite échelle ni de production d'énergie renouvelable dans les secteurs commercial et résidentiel, sauf dans le cas de génératrice d'appoint fonctionnant au diesel dans des situations critiques, comme par exemple une panne dans un hôpital. Ainsi, en 1998, Ontario Hydro a offert un contrat spécial à de petits producteurs autonomes – énergie photovoltaïque résidentielle – afin d'acheter leur production excédentaire (facturation nette). Très peu de ces petits producteurs se sont montrés intéressés à cette offre.

Plusieurs raisons motivent ce manque d'intérêt :

- les taux d'électricité sont peu élevés;
- le matériel de production renouvelable et de production à petite échelle coûte cher et exige, pour l'instant, que le consommateur s'occupe de l'ingénierie de son système;

- le matériel d'interconnection à la grille n'est pas facilement disponible et les règlements d'interconnection sont en cours d'élaboration.

Les applications actuelles de production d'électricité à petite échelle se trouvent dans des endroits éloignés qui, pour la plupart, ne font pas partie de la grille. Ces régions utilisent en règle générale des génératrices fonctionnant au diesel, ce carburant étant transporté sur les lieux par la voie des airs. Le coût qui en résulte est très élevé, mais il est subventionné par les autres clients du service public provincial. Certains de ces sites sont utilisés à des fins expérimentales ou pour faire office de projets pilotes des technologies renouvelables telles que les turbines éoliennes. Ce sont là des emplacements évidents pour les applications qui sont la propriété de consommateurs, d'énergie renouvelable ou de production combinée d'énergie et de chaleur. Cependant, ces systèmes ont souvent de la difficulté à concurrencer l'électricité subventionnée provenant du service public. En vertu des règles concurrentielles du marché, cela pourrait changer.

Les clients s'attendent à ce que la concurrence qui s'établira bientôt dans l'approvisionnement électrique mènera à une production améliorée, moins chère, moins nocive pour l'environnement et plus fiable.

Produits

La production à petite échelle comprend traditionnellement des génératrices au diesel, qui permettent la production d'électricité d'appoint dans des situations critiques – hôpitaux, fabricants de puces électroniques – et sont la principale source d'approvisionnement en électricité dans des endroits éloignés non connectés à la grille.

Récemment, on a vu l'arrivée de systèmes avancés de turbines à gaz offrant un rendement et une efficacité accrus. Ces systèmes de pointe offrent l'avantage d'un faible capital et d'une production à faible risque et ils peuvent être installés rapidement (par opposition à la production à partir d'une centrale) afin de répondre aux diverses forces du marché. En utilisant le gaz naturel et en étant plus efficace que les génératrices traditionnelles, ces systèmes produisent de l'électricité aux incidences écologiques moindres.

La micro-turbine à gaz est un autre exemple de produits nouvellement arrivés sur le marché. On peut en obtenir pour des capacités aussi faibles que 20 kilowatts. Si on l'associe au système de récupération de la chaleur, cette turbine peut également fournir de l'eau chaude. Les micro-turbines sont très prometteuses pour les applications commerciales et les zones résidentielles étendues. La technologie des piles à combustible est un autre produit susceptible d'accroître l'efficacité et de réduire les incidences environnementales de la production d'électricité par le gaz naturel.

La concurrence est forte entre les promoteurs de piles à combustible, chacun cherchant à être le premier à mettre sur le marché des systèmes fiables et économiques. On compte quatre genres de piles à combustible que l'on désigne selon leur composition chimique : acide phosphorique, membrane d'échange protonique, carbonate fondu et oxyde solide. De ces quatre, les membranes d'échange protonique semblent être les plus prometteuses pour le marché des petits utilisateurs d'énergie (de 5 à 250 kilowatts de capacité) alors que le carbonate fondu et l'oxyde solide semblent être mieux placés pour les applications étendues (de 1 à 10 mégawatts de capacité). La conception prévoit que les piles à combustible seront alimentées de gaz naturel, la conversion en hydrogène se produisant à l'intérieur de la pile. Les niveaux d'émission sont la moitié de ceux des moteurs et des turbines actuels. Les piles à combustible conviennent aux installations à l'intérieur des immeubles, étant donné qu'elles fonctionnent silencieusement. En même temps, les piles de type membrane d'échange protonique sont au banc d'essai comme système d'énergie de la prochaine génération de véhicules automobiles.

Les nombreuses possibilités de fabrication de produits automobiles réduiront le coût des systèmes de fabrication d'énergie électrique par rapport à ceux des génératrices actuelles, pour un degré d'efficacité comparable ou supérieur lorsqu'on peut faire usage de la chaleur produite.

Le marché mondial naissant des produits et des services d'énergie provenant des technologies renouvelables crée des débouchés à l'échelle de la planète. Ainsi, les ventes mondiales de systèmes d'énergie éolienne représentent plus de 3 milliards de dollars par année, les systèmes d'énergie solaire photovoltaïque rapportent 1,5 milliard par année et les petits projets hydro-électriques représentent environ 3 à 4 milliards par année. Le potentiel de croissance de ces secteurs énergétiques devrait dépasser 15 p. 100 par année. Les taux de croissance mondiale annuelle actuels avoisinent les 34 p. 100 dans le cas des systèmes solaires photovoltaïques et plus de 25 p. 100 dans le cas de l'énergie éolienne.

Certains services publics utilisent déjà les technologies reliées à l'énergie renouvelable telles que les turbines éoliennes. Étant des systèmes de production distribuée, on les trouve dans des endroits discrets, éloignés des zones densément peuplées – à cause du bruit et de l'apparence –, où l'activité éolienne est importante. Au Québec, la ferme éolienne de 100 mégawatts, Le Nordais, à Gaspé, respecte aussi bien les objectifs environnementaux que les perspectives d'avantages économiques régionaux. L'électricité est vendue à Hydro-Québec en vertu d'un contrat à long terme fixé à 0,058 $ par kilowatt/heure. Les développements technologiques, appuyés par l'accès du marché aux réseaux de transmission et de distribution, permettront d'en arriver à une réduction additionnelle du coût de l'énergie éolienne, lequel se stabiliserait autour de 0,04 $ par kilowatt-heure.

Les cellules photovoltaïques convertissent directement la lumière du soleil en électricité et fournissent une méthode simple de distribution de l'énergie sur les lieux. Les panneaux photovoltaïques peuvent être intégrés à la structure de l'immeuble (ce qui permet des économies d'argent) et fournir l'électricité à l'immeuble. Comme il n'y aucune partie mobile, les panneaux photovoltaïques sont absolument silencieux et conviennent parfaitement aux régions très peuplées. La capacité à l'échelle mondiale des panneaux photovoltaïques est présentement de 1 000 mégawatts. Le principal problème en demeure le coût élevé. Cependant, compte tenu de réductions remarquables des coûts de l'industrie électronique, on prévoit une baisse du coût des panneaux photovoltaïques. Au Canada, la société Automated Tooling Systems est à l'avant-garde de la technologie des panneaux photovoltaïques. Ses investissements, pour l'achat et l'automatisation de sa filiale européenne Photowatt, en France, ont permis à ce fabricant d'accaparer 7 p. 100 du marché mondial du panneau photovoltaïque.

L'un des obstacles perçus de l'énergie éolienne et de l'énergie solaire, demeure la nature intermittente de l'approvisionnement. Cela veut dire qu'il faut pouvoir compter sur une autre source d'énergie lorsque le vent ne souffle pas et qu'il n'y a pas de soleil. L'utilisateur doit soit tirer son énergie de la grille d'approvisionnement en électricité (parfois en payant une pénalité compte tenu de la nature intermittente de son approvisionnement) ou investir dans un système quelconque de stockage. Pour l'instant, il est difficile et coûteux de stocker l'électricité, même si de nouveaux développements – ultra-capaciteurs, volants d'inertie à haute vitesse, accumulateurs de stockage à court terme de l'énergie et carburant à hydrogène pour stockage d'énergie à grande échelle – devraient prochainement faire leur apparition. Au Canada, les technologies de l'énergie renouvelable font face à des obstacles tels que l'accès limité au marché, le peu de choix des consommateurs quant à l'approvisionnement en énergie ou l'incapacité de se rendre responsable des

incidences environnementales et de surmonter les obstacles de mise en œuvre.

L'hydro-électricité représente 62 p. 100 de l'approvisionnement du Canada en électricité; il reste encore de grands sites hydro-électriques potentiels (capacité actuelle de 66 823 mégawatts). Pour les mettre en œuvre, il faudrait construire des barrages qui provoquent l'inondation de grands territoires. Par opposition, les technologies hydro-électriques de petite échelle et les micro-projets peuvent être installés et adaptés de façon à minimiser leurs incidences sur l'environnement. Les systèmes dotés d'une capacité de moins de 30 mégawatts font partie de cette catégorie. La capacité résiduelle des petites centrales hydro-électriques du Canada est estimée à 20 000 mégawatts. Même si ces technologies ne sont pas nouvelles, le développement de turbines à faible profondeur et de turbines fonctionnant sur le débit des rivières n'exigeant pas de construction de barrage ni de contrôle de réservoir est nécessaire pour réaliser le plein potentiel des petites installations hydro-électriques. Certains projets expérimentaux et projets pilotes gravitent autour des possibilités de production d'hydro-électricité à partir de mini-systèmes et du débit des rivières, dans l'espoir d'amoindrir les incidences environnementales de la production d'hydro-électricité à partir de barrages. Les techniques sont connues; il reste à trouver la situation environnementale ou économique qui se prêtera à cette exploitation.

Le Canada est l'un des chefs de file mondiaux du développement des diverses technologies de pyrolyse rapide de la biomasse et autres. Ses systèmes sont à la fine pointe de la technologie, étant actuellement les seuls rendus au stage de projets industriels pilotes et de projets commerciaux. Les compagnies engagées dans ce domaine commercialisent dynamiquement leur technologie aux États-Unis et en Europe afin de répondre aux besoins d'énergie et de développement durable. L'une des grandes stratégies du programme d'utilisation de la biomasse pour faire de l'électricité concerne l'élaboration de ces technologies par des partenariats avec les gouvernements et les industries, dans le cadre de programmes de recherche conjointe. Par suite des récents succès enregistrés à cet égard, de nombreux intervenants industriels comme les compagnies forestières et les fabricants de moteurs se sont intéressés à l'élaboration de ces systèmes de production d'électricité.

Le Canada est aussi un chef de file mondial du développement des piles à combustible et des technologies de production d'hydrogène par électrolyse. Ciblant au départ le marché de l'automobile, la pile à hydrogène produit par électrolyse pourrait avoir de grandes retombées sur l'infrastructure de l'électricité, fournissant ainsi un énorme nouveau marché pour l'électricité et, par l'intermédiaire de la production de carburant, permettant le stockage « virtuel » à grande échelle pour les capacités de production moins flexibles telles que l'énergie nucléaire et l'énergie renouvelable.

Fournisseurs

Au Canada, se sont des monopoles provinciaux qui fournissent l'électricité par l'exploitation de grandes centrales et de vastes systèmes de transmission et de distribution. Le monopole s'occupe de tous les aspects de planification des besoins futurs. Le client ne peut pas choisir son fournisseur et a peu de marge de manœuvre afin de négocier le prix. Règle générale, on n'impose aucune limite au client qui peut consommer à sa guise en tout temps (sauf certaines exceptions pour les très grands utilisateurs).

Chaque centrale électrique actuelle – nucléaire, hydro-électrique, carburants fossiles – possède ses propres caractéristiques de fonctionnement et de coût, et ses propres incidences sur l'environnement.

Ainsi, les centrales nucléaires sont mieux placées pour produire une électricité constante. Les coûts en carburant sont faibles; ce qui coûte cher et prend du temps, ce sont les accélérations et les ralentissements. C'est pourquoi les centrales nucléaires servent à fournir la charge traditionnelle d'électricité de base. Les désavantages des centrales nucléaires sont la mise au rebut des produits usés et les coûts élevés des fermetures des centrales lorsqu'elles ont atteint la fin de leur vie utile.

Les centrales hydro-électriques sont souples, et le coût de l'énergie qu'elles produisent est faible. Les désavantages des centrales hydro-électriques sont que les variations dans l'approvisionnement en eau peuvent influencer de façon importante la quantité d'électricité qu'elles produisent. Les retombées environnementales des réservoirs – inondation des territoires et fluctuations du niveau de l'eau – représentent des préoccupations croissantes.

Les centrales thermiques fonctionnant au charbon, au pétrole et au gaz naturel prennent plus de temps pour arriver à pleine capacité que les centrales hydro-électriques. Les centrales thermiques sont très souples pour répondre à la demande variée, mais leur fonctionnement est assujetti à certaines limites, compte tenu des émissions atmosphériques.

L'électricité produite par les centrales est transportée jusqu'à l'utilisateur par un réseau de fils composant le système de transmission et de distribution. Compte tenu de la résistance à l'électricité et d'autres facteurs, une certaine perte d'énergie se produit – comme les charges inductives et l'efficacité des transformateurs.

Avec l'arrivée d'un marché concurrentiel d'approvisionnement en électricité, un nouveau groupe de fournisseurs non traditionnels commence à ce faire jour, qui viendra concurrencer les systèmes centraux actuels. Ces fournisseurs devraient utiliser les technologies naissantes reliées aux turbines de pointe alimentées au gaz naturel (immédiatement) et aux piles à combustible (à mesure qu'elles deviennent disponibles). Dans bien des cas, ils installent leur nouvelle centrale à proximité des points de dépense des charges et gagnent une efficacité accrue grâce à une utilisation de cycles combinés (turbines à gaz et turbines à vapeur), ou de systèmes combinant la chaleur et l'électricité (pour le chauffage à distance) ou de cogénération (électricité et vapeur). Les fournisseurs d'énergie à petite échelle sont en mesure de réagir rapidement aux besoins du marché, étant donné que le temps d'installation est court et que les investissements en capital sont petits par opposition à ceux des systèmes centraux. Dans un marché concurrentiel en rapide évolution et dispersé, la production d'énergie à petite échelle peut s'avérer la seule technologie de nouvelle génération ayant des perspectives réelles d'avenir.

Les fournisseurs utilisant des ressources renouvelables commencent à se manifester. Ce sont des producteurs indépendants d'énergie produisant de l'électricité à partir de la combustion de déchets ligneux produits habituellement par des scieries qui sont contentes de s'en défaire. Quelque 10 usines de ce genre produisent de l'électricité au Canada qu'elles vendent à des services publics, représentant ainsi une capacité installée d'environ 200 mégawatts.

On produit également de l'électricité à partir du méthane, dans six sites d'enfouissement municipaux. La capacité actuelle au Canada est de 82,5 mégawatts. Il y a plus de 10 000 sites d'enfouissement au Canada qui produisent environ 1,2 mégatonne de méthane. Seulement 25 p. 100 de cette production est canalisée, dans les 33 plus importants sites d'enfouissement. Plus de la moitié des sites d'enfouissement brûlent tout simplement ce gaz.

On examine maintenant de plus en plus sérieusement la possibilité de gazéifier les sites municipaux de déchets traités et d'utiliser les déchets ligneux industriels, au point de mettre

sur pied des projets pilotes visant à démontrer les applications industrielles de ces technologies.

6.2 Vision 2020

D'ici 2020, le marché de l'électricité devrait être pleinement développé et fortement concurrentiel, capable de transporter aussi bien ses charges de gros que ses charges de détail. L'électricité deviendra une denrée vendue de concert avec d'autres produits et services à valeur ajoutée.

Selon le Département de l'énergie des États-Unis, ce pays prévoit avoir besoin de 366 000 mégawatts de nouvelles capacités, y compris des remplacements de capacité, entre 1996 et 2020. Une grande partie de cette capacité proviendra du Canada. Compte tenu des considérations environnementales et des risques en capital, une bonne part de cette capacité sera fournie en 2020 par des producteurs d'électricité à petite échelle et des producteurs d'énergie renouvelable, tout particulièrement sous forme de production distribuée, même si la centrale de Churchill Falls aura une capacité en direct de 3 000 mégawatts dès 2010. Il faudra surmonter les obstacles techniques et réglementaires pour permettre un approvisionnement pleinement intégré et dispersé de l'électricité. La production distribuée sera largement utilisée, parce qu'elle :

- représentera des coûts en capitaux relativement faibles et réagira rapidement aux augmentations graduelles dans la demande d'énergie;
- évitera les mises à jour de la capacité de transmission et de distribution et les pertes de courant grâce à la localisation des installations à proximité des centres de débit principaux;
- aura la souplesse nécessaire pour retourner de l'énergie au réseau;
- permettra l'utilisation de la chaleur produite par les procédés de fabrication;
- fonctionnera dans un cadre de grande efficacité et de faibles incidences environnementales.

Les divers enjeux environnementaux auront un certain ordre de priorité. Par conséquent, on maximisera l'efficience des carburants et l'énergie verte sera concurrentielle. Le gaz naturel sera le carburant de choix, car il est plus économique de transporter des molécules que des électrons pour ensuite utiliser les nouvelles technologies (micro-turbines et piles à combustible) pour convertir cette énergie en chaleur et en électricité. Le gaz naturel est également un carburant relativement propre.

Les piles à combustible sans émission nocive seront largement utilisées par des autobus urbains et interurbains, ainsi que par des parcs de transport commerciaux. Leur utilisation améliorera la qualité de l'air des centres urbains et réduira les émissions de gaz à effet de serre provenant du secteur des transports. On produira l'hydrogène à partir de la transformation par vapeur du gaz naturel et par électrolyse de l'eau en utilisant de l'énergie renouvelable. L'hydrogène produit par électrolyse créera de nouveaux marchés et permettra l'utilisation à grande échelle de l'énergie renouvelable. L'infrastructure d'approvisionnement en hydrogène sera grandement distribuée, permettant l'utilisation d'appareils à hydrogène, à faible coût, de fabrication de masse, de génératrices localisées à hydrogène connectées à l'infrastructure existante d'énergie électrique et de gaz naturel.

Dans un communiqué de presse datant du 16 juillet 1998, le World Watch Institute prévoyait que les technologies renouvelables joueraient un rôle majeur d'ici 2020 et fourniraient 50 p. 100 de l'énergie du monde d'ici 2050.

Clients

En 2020, les clients exigeront et s'attendront à une diminution des prix, à l'accroissement de la qualité, à des possibilités de contrôle individuel et à des services à valeur ajoutée. Ils exigeront bien plus qu'aujourd'hui sur le plan environnemental et certains paieront davantage pour obtenir des produits verts. Les clients disposeront de génératrices locales – piles à combustible, micro-turbines et systèmes photovoltaïques. Les clients en régions rurales auront accès à la production d'électricité distribuée qui sera moins chère que l'électricité provenant de centrales (compte tenu de l'absence des coûts élevés de transmission et de distribution). Souvent, on pourra compter sur un approvisionnement de carburant local – biomasse, gaz de sites d'enfouissement, énergie éolienne.

Les clients géreront leur propre système et ils exigeront et recevront un degré élevé de services personnels. Par exemple, les clients commerciaux disposant d'installations d'un bout à l'autre du pays traiteront avec un fournisseur d'énergie (et recevront une seule facture) pour l'ensemble de leurs installations. Ils négocieront un meilleur contrat compte tenu de la taille de leur demande globale.

Les clients achèteront des produits et des services à valeur ajoutée conçus de façon à améliorer le style de vie ou encore à accroître l'efficacité de leur entreprise. Ainsi, les clients achèteront le produit final – éclairage, chauffage, climatisation – dont ils ont besoin plutôt que l'énergie pour s'en occuper eux-mêmes. Cela leur permettra les économies de capital et d'entretien dont ils ont besoin pour les éléments qui les intéressent davantage – noyau de l'entreprise, style de vie.

Produits

En 2020, les percées technologiques importantes auront mené à des améliorations majeures des systèmes de production modulaire de l'énergie. La plupart de ces systèmes serviront à la production distribuée et utiliseront une gamme étendue de carburants permettant la production d'énergie propre, fiable, efficiente et souple. Les émissions de bioxyde de carbone auront été réduites à la moitié de ce que produisent actuellement les centrales électriques. Les produits incluront notamment les turbines à gaz, les génératrices à diesel, les systèmes éoliens, les systèmes photovoltaïques, les piles à combustible, l'énergie provenant des déchets et les micro-installations hydro-électriques. Les piles à combustible, les turbines éoliennes et les systèmes photovoltaïques seront pleinement développés et concurrentiels. Les technologies d'énergie renouvelable de pointe tels que les panneaux photovoltaïques intégrés aux immeubles et les turbines éoliennes produites en masse et à faible coût seront d'utilisation commune. Le coût de l'électricité produite par cellule photovoltaïque sera réduit de 75 p. 100 par rapport au coût actuel. Les petites piles à combustible stationnaires auront profité des percées technologiques dans le domaine du transport de pointe à faible pollution fondé sur les piles à combustible par membrane à échange protonique. L'approvisionnement en hydrogène aux fins du transport sera intégré à l'infrastructure d'approvisionnement en électricité, l'électrolyse fournissant des possibilités de stockage à grande échelle de l'énergie renouvelable, et la transformation du gaz naturel offrant de l'hydrogène aux génératrices stationnaires et mobiles.

Les turbines à gaz, les micro-turbines et les piles à combustible de haute efficience de pointe seront combinées à divers systèmes de récupération de la chaleur afin d'accroître leur efficience. Les systèmes tels que ceux à cycle combiné – turbines combinées de gaz et de vapeur – et les combinaisons de piles à combustible et de turbine à gaz seront utilisées, souvent en conjonction avec des systèmes énergétiques à distance (chauffage et climatisation). Les systèmes énergétiques à distance seront chose commune dans les régions fortement peuplées. Les produits, tels que les systèmes d'extraction de la chaleur (équivalent aux chaudières) ainsi que les

compteurs d'énergie, seront facilement disponibles sur le marché, à prix économique.

Les technologies de pointe de contrôle et de communications seront disponibles afin de maximiser l'opération du matériel de production distribuée d'électricité. Ces technologies permettront le déploiement à distance de la signalisation des prix – utilisation en fonction de l'heure de la journée, gestion des périodes de pointe, marché au comptant – et permettront le stockage virtuel de l'énergie dans les procédés industriels. Ces technologies permettront également de surveiller le rendement et l'état du matériel distribué ainsi que les ressources renouvelables afin de prévoir la disponibilité d'énergie solaire et éolienne. Le matériel électronique lié à la production d'énergie sera sur le marché et permettra une connexion sécuritaire et efficiente à la grille centrale de l'électricité distribuée, permettant un stockage de pointe de l'électricité – ultra-capaciteur et volant d'inertie à haute vitesse –, un contrôle et une correction de la qualité de l'énergie. Il facilitera aussi l'utilisation de micro-grilles de courant direct.

Fournisseurs

Le marché de l'électricité de 2020 sera fortement concurrentiel, doté d'une convergence de services gaziers, d'électricité, de communications et autres. La prolifération des fournisseurs d'énergie et des intervenants (aussi bien traditionnels que non traditionnels) qui s'est manifestée au moment où le marché s'est ouvert sera terminée et l'amalgamation qui suivra, donnant lieu à la création de grandes multinationales, sera essentiellement terminée en 2020.

Les enjeux environnementaux seront de la plus haute importance. Ils modifieront le champ d'action d'ici 2020 parce que les systèmes écologiques auparavant trop coûteux seront alors économiques. Les systèmes d'énergie renouvelable (cellules photovoltaïques, turbines éoliennes) seront attrayants à cause de leurs faibles retombées environnementales et de leur valeur en matière d'échange de crédits d'émission. Certaines formes de production d'énergie à partir de carburants fossiles seront devenues dispendieuses compte tenu des pénalités relatives aux émissions ou au coût de leur nettoyage.

Les fournisseurs participeront à la production distribuée, laquelle convient aux systèmes électriques concurrentiels, rapides et sensibles aux marchés. Les délais d'installation seront courts et les investissements seront minimes, ce qui diminuera le risque d'investissement. La production distribuée permettra aussi aux fournisseurs d'atteindre un haut degré d'efficience et leur donnera la capacité de vendre de la chaleur résiduelle. L'électricité sera considérée comme un produit de base. La concurrence livrée à l'échelle des prix ne permettra plus que des profits infimes. Les fournisseurs développeront leurs marques en fonction de facteurs tels que la responsabilité environnementale (énergie verte) pour s'assurer la loyauté de la clientèle. Ils fourniront des services à valeur ajoutée, étant donné que ce sera là le créneau profitable. Un secteur des services à valeur ajoutée fournira aux clients les avantages qu'ils recherchent plutôt que simplement l'énergie voulue. Les fournisseurs d'énergie fourniront la chaleur, la climatisation, l'éclairage, l'aération, l'énergie de cuisson des aliments, etc. et ils seront propriétaires du matériel nécessaire à l'utilisation finale, qu'ils entretiendront. Ainsi, dans un restaurant, le fournisseur d'énergie possédera le matériel de cuisson, d'éclairage et de conditionnement et les entretiendra alors que le restaurateur fournira l'édifice et le personnel. Les fournisseurs d'énergie fourniront également les carburants voués aux transports sous forme d'hydrogène obtenu par la vapeur provenant du traitement des gaz naturels et des appareils de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau.

Facteurs de marché – Clients

Prix

Le marché sera concurrentiel et considérablement axé sur les prix. Les clients s'attendront à des réductions de prix. Les budgets de contrôle de l'énergie continueront d'être un facteur essentiel aux yeux des clients institutionnels et industriels. Cependant, un certain nombre de facteurs combattront la réduction des prix : la fragilité des prix du marché au comptant, le besoin des fournisseurs de faire un profit ainsi que l'obligation pour les fournisseurs de payer des taxes. Cela les forcera à être aussi efficients que possible dans la présentation de produits à moindre coût que leurs concurrents. Dans certains cas, la solution la plus efficiente sera la production distribuée conjointement avec la chaleur récupérée des procédés industriels.

Avec les systèmes de production distribuée connectés à la grille, un certain nombre d'enjeux entourant le coût de l'électricité se feront jour. Les fournisseurs pourront charger un tarif élevé pour l'électricité de pointe, comme elle ne servira que de façon intermittente. Les autorités de réglementation pourraient imposer des frais de transmission et de distribution à la production distribuée, même si cette énergie ne fait pas usage de la grille, simplement parce qu'elle pourrait considérer cette énergie comme un actif immobilisé. Les fournisseurs pourraient chercher à vendre leur électricité à un prix mais la racheter du producteur à un prix moindre, à l'échelle de leur propre coût de production. Le règlement de ces problèmes aura des répercussions fondamentales sur l'avenir de la production à petite échelle et de la production d'énergie renouvelable.

Qualité et fiabilité de l'énergie

Tout en exigeant des prix à la baisse, les clients en viendront à s'appuyer grandement sur les dispositifs électriques en fonction de leur confort, de leur bien-être et des applications informatiques. Cela créera une demande pour des produits énergétiques de grande fiabilité et de grande qualité.

La qualité et la fiabilité de l'énergie seront absolument critiques pour certaines industries utilisant des contrôles électroniques délicats. Même les petites irrégularités de l'approvisionnement en électricité peuvent causer des pannes informatiques, lesquelles peuvent coûter beaucoup d'argent et de temps. Des études indiquent que les fluctuations de l'approvisionnement énergétique en Amérique du Nord causent annuellement des pertes de 12 à 26 milliards de dollars. En 2020, les clients industriels et institutionnels continueront de payer plus cher pour une énergie de qualité et fiable provenant de projets locaux d'énergie distribuée si le système de transmission et de distribution en vrac n'atteint pas les normes de rendement espérées. La production d'électricité sur les lieux peut fournir une solution à un grand nombre de problèmes de qualité et de fiabilité.

Environnement

À mesure que le marché concurrentiel de l'énergie arrivera à maturité, les pressions environnementales augmenteront. Les politiques publiques, reflétant les préoccupations au sujet des émissions de gaz à effet de serre, fourniront des mesures d'encouragement visant les ajouts de capacité pouvant offrir une efficacité accrue tout en utilisant des sources renouvelables d'énergie. Certains clients accueilleront favorablement les offres d'énergie verte, même si elles coûtent un peu plus cher. La plupart, voire tous les clients industriels et institutionnels, ne choisiront pas leur fournisseur en fonction des avantages environnementaux sans étudier en même temps les avantages financiers qu'ils peuvent en retirer. Il sera nécessaire de disposer de politiques gouvernementales qui créeront des mécanismes de marché permettant de faire en sorte que l'utilisation de sources renouvelables d'énergie ne soit pas plus chère que celle de sources « sales ». Les préoccupations à propos de la qualité de l'air en milieu urbain mèneront à l'introduction de véhicules sans

émission nocive dans les grands centres urbains. Ceci créera un débouché pour les véhicules fonctionnant avec des accumulateurs, à l'électricité et à piles à combustible.

Les offres d'énergie verte seront fonction des services publics – fermes éoliennes – ou encore des clients – système intégrant la pile à combustible et le chauffage ou l'approvisionnement en eau chaude ou système de cellules voltaïques montées sur le toit d'un immeuble.

Service

Les clients s'intéresseront aux solutions totales en matière énergétique qui peuvent fournir aussi bien la chaleur que l'électricité, le fournisseur d'énergie étant en mesure d'établir l'installation appropriée. Les clients voudront se procurer à contrat les produits finaux qu'ils désirent – éclairage, chauffage, climatisation, carburant de transport – et fournir de l'espace au fournisseur pour qu'il installe une technologie reliée aux sources renouvelables d'énergie ou à la production d'électricité à petite échelle. Les clients institutionnels et industriels continueront de s'intéresser, pour leur part, aux activités principales de leur entreprise. La tendance vers l'impartition des activités non essentielles et des investissements connexes se poursuivra. Le secteur de la production distribuée devra convenir d'investir dans un certain nombre d'installations plus petites de production énergétique, liées à des charges particulières.

Les clients devront régulièrement songer à des remplacements d'immobilisations au sein de l'infrastructure énergétique traditionnelle touchant notamment les chaudières, les transformateurs et les génératrices d'électricité d'urgence. L'énergie provenant d'une installation de production distribuée, qui permet également au client d'éviter les remplacements en capital, deviendra un facteur catalyseur de tout projet. En plus des budgets de capitalisation, un élément important de l'impartition sera la réduction des budgets de fonctionnement. La tendance à l'impartition appuiera les scénarios de production d'énergie pour certaines régions où une petite installation énergétique pourra servir un certain nombre de clients en matière électrique et thermique, avec partage du coût des opérations.

Facteurs de marché – Produits

Haute efficience

Les améliorations techniques des turbines à gaz et des piles à combustible rehausseront l'efficacité fondamentale. De nouveaux systèmes hybrides combineront les turbines à gaz et les piles à combustible ou encore les turbines à gaz et les turbines à vapeur pour en venir à une efficience encore accrue. Les applications faisant usage de la chaleur excédentaire de divers systèmes pour produire de la vapeur en milieu industriel, ou encore pour assurer le chauffage et la climatisation à distance ou la production d'eau chaude, rehausseront encore l'efficience. Les systèmes de production distribuée élimineront également les pertes de transmission et de distribution inhérentes à tout système central de production d'énergie. Les efficiences de systèmes réalisables grâce à la production distribuée deviendront un facteur de marché important.

Qualité et fiabilité de l'énergie

La qualité et la fiabilité de l'énergie seront un enjeu important aux yeux de nombreux clients. Le matériel de production à petite échelle et de production d'électricité par énergie renouvelable, installé chez le client et sous contrôle local, isolé des problèmes conséquents à la grille, servira à fournir une énergie de haute qualité et fiable.

Environnement

Compte tenu de cette haute efficience, la production à petite échelle engendrera moins de pollution pour un volume donné d'énergie. Les technologies renouvelables ne seront pas

polluantes. Il arrivera souvent que les débits de rebuts proviennent des procédés de fabrication (gaz d'échappements, émissions de composés organiques volatils, gaz provenant des procédés industriels des aciéries) ou d'un site d'enfouissement pouvant être utilisé comme carburant dans la production locale et à petite échelle d'énergie. Ces débouchés environnementaux créeront une demande pour le matériel de production distribuée.

Les technologies de l'énergie verte telles que l'énergie éolienne ou solaire permettront une production intermittente d'électricité. Dans le cas des systèmes connectés à la grille, on s'attend à ce que de nouveaux règlements du marché traitent de ces intermittences. Certains fournisseurs pourraient décider d'éliminer l'intermittence en stockant l'électricité pour ensuite s'en servir au moment où le système solaire ou le système éolien ne produit rien. Cela deviendra une mesure d'encouragement pour les nouvelles technologies de stockage.

Service

La nécessité d'offrir à un client un ensemble complet de services pour répondre à l'ensemble de ses besoins en énergie – électricité, chauffage, climatisation, carburants de transport – encouragera la mise en place de systèmes de production d'énergie à petite échelle et d'appareils utilisant l'hydrogène. Le fournisseur d'énergie installera une unité plein service chez le consommateur, l'exploitera et l'entretiendra. Il faudra des systèmes de communication bi-directionnelle pour exploiter le système et en suivre le rendement ainsi que l'état de fonctionnement. Du matériel de production d'énergie grandement fiable sera une nécessité. Les éléments importants aux yeux des producteurs de matériel de production distribuée d'énergie seront la distribution du produit, le service et le soutien. Le matériel sera capable de s'autodiagnostiquer et parfois de s'autoréparer, grâce à divers logiciels. L'exploitation et l'entretien du matériel seront plus rentables que la vente de ce matériel.

Facteurs de marché – Fournisseurs

Prix

En régime de concurrence, les fournisseurs d'énergie se verront assujettis à de très fortes pressions. Le passage fréquent des clients d'un fournisseur à l'autre, à la recherche du meilleur prix, provoquera beaucoup d'incertitude. On verra apparaître le besoin de systèmes très efficients, économiques et souples. De plus, le fournisseur d'énergie se verra obligé de courir certains risques financiers dans ses investissements en immobilisations liés aux ajouts de capacité. Cette situation aura tendance à favoriser les projets les moins intensifs sur le plan des investissements, ainsi que les programmes de construction s'étendant le moins dans le temps. Les systèmes de production à partir d'énergie renouvelable et de production à petite échelle exigeront moins de capital et nécessiteront un délai d'installation plus court que les systèmes centraux. Cela se reflétera par des risques moindres pour le fournisseur. En outre, il y aura un grand nombre de sites idéaux en fonction d'usages existants pour la vente de la chaleur résiduelle. L'utilisation très efficiente du carburant se reflétera sur le système de distribution et servira à reporter les mises à niveau du système de transmission et de distribution (en fournissant une nouvelle charge à partir d'une génératrice sur les lieux plutôt qu'en construisant de nouveaux systèmes de transmission et de distribution pour entretenir ces nouvelles charges). Les fournisseurs s'intéresseront à de plus gros clients. Le coût de l'approvisionnement aux petits clients résidentiels sera élevé et l'exposition à certains risques légaux sera accrue. Les revendeurs seront en mesure d'élaborer des charges multi-sites et multi-résidentielles et d'y ajouter d'autres services à valeur ajoutée – gaz, énergie électrique et eau. Par ailleurs, les fournisseurs d'énergie et l'industrie seront capables d'exploiter une production sur place et de la transporter ou de la déployer rentablement, selon les divers signaux apparaissant sur le marché. Il sera

intéressant de produire cette énergie puisqu'elle sera moins risquée que les activités de transmission et de distribution. Cependant, les marges de profits seront petites et le rendement du capital investi s'avérera problématique. La production aura tendance à traverser des périodes de grande croissance et de récession, selon la fluctuation de l'offre et de la demande.

Qualité et fiabilité de l'énergie

Les fournisseurs d'énergie offriront divers niveaux de qualité et de fiabilité de l'énergie à différents prix. Étant donné que tous les fournisseurs utiliseront le même système de transmission et de distribution, la seule façon dont un fournisseur pourra garantir la qualité de son produit sera de s'engager à fournir de l'électricité chez son client même – soit pour la nettoyer de ses imperfections ou pour installer un système de production distribuée qui permette l'obtention d'une électricité sans défaut sur les lieux. Les systèmes de production distribuée présenteront une solution attrayante lorsqu'ils seront combinés aux autres avantages.

Environnement

Les préoccupations environnementales s'accroîtront et la réglementation deviendra plus lourde à supporter à mesure que la société s'organisera pour protéger la biosphère. La faible émission et la haute efficience de production à petite échelle, ainsi que l'absence des émissions provenant des technologies reliées à l'énergie renouvelable, deviendront des objectifs majeurs. Les fournisseurs pourront profiter des crédits d'émission.

Service

Les fournisseurs d'énergie seront en mesure d'offrir des produits et services différenciés fondés sur la production à petite échelle et sur les technologies renouvelables – par ex., un système sur place combinant chaleur et énergie, exploité par le fournisseur. Les revendeurs offriront des ensembles complets de services d'énergie afin d'attirer de nouveaux clients et de fidéliser les clients existants. Les clients chercheront à obtenir à contrat la production de chaleur et d'énergie. Dans une situation traditionnelle, les systèmes seront loués plutôt qu'achetés par l'utilisateur. En outre, la production à petite échelle sera taillée sur mesure pour des applications spéciales permettant de réduire la demande en période de pointe et de fournir une énergie de rechange ou d'urgence. Cette souplesse rendra les systèmes fonctionnant avec technologies renouvelables et la production à petite échelle très attrayants aux yeux des fournisseurs d'énergie.

6.3 Domaines de technologie critique

Tableau 6-1. Domaines de technologie critique

Domaine de technologie critique	Besoins
Génératrices à petits moteurs	• turbines à gaz perfectionnées, à haut rendement (plus de 4 %) fonctionnant à basse capacité (moins de 5 mégawatts) et possédant un système de récupération des gaz d'échappement pour un cycle mixte ou une combinaison chaleur-électricité (les principaux domaines de technologies sont : le rendement élevé, les roulements à haute-vitesse; les matériaux résistant à l'usure; la modélisation de la combustion; les matériaux résistant aux températures élevées; les modèles de prévision des écarts de temps entre les défaillances; les détecteurs en temps réel de combustion et de contrôle; le rendement élevé et le faible coût des composantes de transfert de chaleur; la haute vitesse, la lubrification à haute température) • micro-turbines (25 à 500 kilowatts) à rendement élevé et faible coût, éventuellement obtenues par la production en série • moteurs à combustion externe (par ex., les moteurs Stirling) permettant l'utilisation de combustible provenant de la biomasse • moteurs à combustion interne (y compris les moteurs diesel, moteurs d'injection et moteurs fonctionnant au gaz naturel) avec rendement élevé, récupération de chaleur, fiabilité accrue et peu d'entretien
Piles à combustible	• piles à combustible de pointe, fonctionnant à haute température, combinées à des turbines au gaz et à un système de récupération de la chaleur procurant une efficacité électrique d'approximativement 65 % • piles à combustible simples, à échelle réduite, de haut rendement, pour utilisation résidentielle et commerciale • piles à combustible de pointe pour stations d'énergie fixe, développée à partir de la nouvelle technologie appliquée en matière de piles à combustible
Vent	• conception d'éoliennes et pales améliorées • éoliennes se dépliant automatiquement • génératrices à vitesse variable • augmentation de la largeur des rotors et de la hauteur des moyeux • contrôles perfectionnés • systèmes hybrides
Panneaux solaires photovoltaïques	• technologie de module de panneaux photovoltaïques à prix modique • assemblage automatisé des modules • produits pour l'intégration architecturale aux bâtiments pour réduire les coûts
Systèmes hydro-électriques à échelle réduite	• turbines novatrices fonctionnant en chute et courant faibles • conceptions techniques pour la protection des poissons
Composantes des réseaux d'électricité	• systèmes d'interconnexion pour permettre une commutation automatique, sécuritaire et très fiable • développement de micro-circuits de courant continu pour réduire les coûts et améliorer la qualité du courant

Tableau 6-1. Domaines de technologie critique *(suite)*

Domaine de technologie critique	Besoins
Technologie habilitante	• système de communication ou de télécommunication pour la circulation des renseignements sur les marchés (prix et disponibilité), le contrôle des systèmes de production ainsi que la surveillance de l'état des génératrices éloignées • conception de logiciels pour permettre l'implantation d'un service virtuel, utilisant l'énergie distribuée, appartenant à d'autres • détecteurs en temps réel du contrôle de la combustion et techniques de mesures et d'analyse des conditions • outils de prévision du vent et de l'ensoleillement • commande de surveillance de pointe et système d'acquisition de données (SCADA) • outils dérivés de données de satellite pour mesurer, analyser et prédire les configurations éoliennes et solaires • gestion axée sur la demande pour gérer les combinaisons de sources d'énergie intermittentes et celles prêtes à être livrées
Technologie de stockage d'énergie	• ultra-condensateurs • volants d'inertie à haute vitesse • stockage d'énergie magnétique supraconductrice • batteries de débit • batteries de pointe • distribution de l'énergie stockée par le biais des carburants de transport à base d'hydrogène • stockage de production hydro-électrique (derrière les barrages) • stockage d'énergie virtuelle dans les procédés électriques des clients
Technologie d'énergie autonome	• génératrices et systèmes de stockage à haut rendement – moteurs – piles à combustible – technologies d'énergies renouvelables (y compris les technologies hybrides) – systèmes de stockage (volant d'inertie, pompe, etc.)
Technologies environnementales	• systèmes générateurs propres et à haut rendement, comprenant les cycles mixtes, la combinaison chaleur-électricité; comprenant aussi des systèmes de réduction des émissions de NOx comme le re-brûlage des gaz de combustion, l'utilisation de matériaux catalytiques à bas NOx • technologies renouvelables (énergie solaire, énergie du vent, micro-énergie) • systèmes de stockage pour éviter la pollution du système aux heures de pointe
Biomasse	• procédés de pointe de gazéification et pyrolyse rapide pour convertir les charges d'alimentation en biomasse hétérogène en carburants • développement de systèmes, comprenant les brûleurs, les turbines, les moteurs et les piles à combustible capables de convertir de façon efficace les carburants de biomasse en électricité • évaluation des charges d'alimentation, amélioration de la qualité de la pyrolyse et nettoyage des gaz et huiles

7 CONCLUSION

Ces prévisions technologiques représentent une première tentative de l'industrie canadienne de l'électricité d'élaborer une carte routière technologique. Un groupe composé de divers représentants industriels et gouvernementaux, travaillant en équipes, a analysé quatre enjeux considérés critiques pour l'industrie : l'optimisation des actifs, les réseaux intelligents de livraison de l'énergie, l'efficience des utilisations finales et la convergence, ainsi que la production à petite échèlle et les technologies renouvelables. Il avait pour objectif d'élaborer un consensus industriel permettant de discerner quels produits et services le marché exigera en 2020 et quelles technologies l'industrie devra utiliser pour livrer ces produits et ces services.

Comme pour toute première tentative, l'exercice a permis de tirer un certain nombre d'enseignements. Le plus important et, de fait, l'un des principes fondamentaux des prévisions technologiques, est que ces démarches doivent relever de l'industrie. Les exemples les plus réussis aux États-Unis le confirment tous. Le présent exercice n'a pas profité de l'entière participation de l'industrie. La première étape de l'exercice s'est fondée sur la participation d'un groupe mixte de représentants de l'industrie et du gouvernement où le secteur des services publics était davantage représenté. Par conséquent, certains points de vue n'ont pas figuré dans l'analyse.

Il est crucial que l'industrie prenne l'initiative parce que ce projet exige le temps et le dévouement des responsables de l'industrie, lesquels sont essentiels à ce genre d'exercice. Cependant, pour faire en sorte que les représentants soient en mesure de donner l'attention qu'elle mérite aux prévisions technologiques, il faut pouvoir compter sur l'intérêt et le soutien de la haute direction. Ce n'est que si l'exercice est perçu comme un outil de planification valable par et pour la haute direction que ses grands dirigeants pourront alors libérer les ressources nécessaires à sa tenue. Cela est difficile à faire en cette période de grands changements, d'incertitude et de restructuration. Lorsque tant de choses semblent tellement plus importantes aux yeux des dirigeants, il est très important de comprendre et de croire que les prévisions technologiques sont essentielles. Les membres du groupe de travail ont souvent collaboré à l'exercice après avoir passé une pleine journée à leur « emploi régulier ».

Que nous réserve donc l'avenir? Les méthodes de prévisions technologiques, comme en témoignent les expériences américaines, suggèrent un certain besoin d'analyse approfondie des technologies cernées dans le présent document afin de créer des prévisions qui mèneront à la mise en place des technologies discrètes essentielles au progrès de l'industrie. Une telle analyse poserait des questions du genre suivant :

- Quels sont les objectifs des technologies particulières?
- Quelles seront les conséquences pour les compagnies qui ne possèdent pas une technologie particulière?
- Pourquoi la technologie est-elle critique?
- Quelles seront les solutions de rechange?
- Quels seront notamment les rapports coût-bénéfice, les risques et les fonctions de maturité de la technologie?

Tel que mentionné ci-avant, pour que ces travaux soient pertinents, ils doivent venir de l'industrie et l'effort doit être mené par l'industrie. Pour en venir à un produit plus

étoffé dans les étapes ultérieures de cette exercice, il faut demander l'aide des participants provenant de segments de l'industrie sous-représentés ou non représentés. Mentionnons à cet égard les fournisseurs de matériel, les producteurs indépendants d'énergie, les services publics municipaux, les petits fournisseurs, les consultants en génie et d'autres.

Ce document présente de nombreuses technologies et de nombreux secteurs technologiques qui peuvent être encore développés. Ce ne sont pas toutes ces questions qui doivrent être discutées à la prochaine étape ni toutes les technologies qui nécessitent une analyse prospective. Cependant, si l'intérêt y est, ce rapport présente une fondation solide sur laquelle des groupes de travail pourront être créés afin d'étudier les débouchés et de prendre les mesures voulues pour faire des prévisions technologiques sur ces débouchés.

ANNEXE A – PARTICIPANTS AU LANCEMENT

Jim Brown	Ontario Hydro, coprésident
Roger Bérubé	Hydro-Québec, coprésident
John Banigan	Industrie Canada, coprésident
Peter Akers	Industrie Canada, secrétaire
Bon Threlkeld	B.C. Hydro
Al Macatavish	Manitoba Hydro
Archie Gilliss	Société d'Énergie du Nouveau-Brunswick
Prabha Kundur	Powertech Labs Inc.
Hans Konow	Association canadienne de l'électricité
Jacob Roiz	Association canadienne de l'électricité
John Miseresky	Enbridge Consumers Gas
Jean-Guy Chouinard	Gaz Naturel
André-Jean Filion	Institut de recherche d'Hydro-Québec
Kinyoung Tea	Hydro-Québec
Jacques Lebuis	Ministère des Ressources naturelles du Québec
Geoff Ogram	Ontario Hydro
Frank Chu	Ontario Hydro
Nizar Jiwan	Ministère de l'Énergie, des Sciences et de la Technologie de l'Ontario
Graham Campbell	Bureau de la recherche et du développement énergétiques, Ressources naturelles Canada
Frank Campbell	Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, Ressources naturelles Canada
Margaret McCuaig-Johnston	Industrie Canada
Christian Chouinard	Industrie Canada

ANNEXE B – PARTICIPANTS AUX GROUPES DE TRAVAIL

Groupe de travail 1 – Optimisation des actifs

Blair Seckington	Ontario Power Generation, chef d'équipe
Peter Akers	Industrie Canada, secrétaire
Paul-André Lévesque	Hydro-Québec
Kinyoung Tea	Hydro-Québec
Jim Brogan	Société d'Énergie du Nouveau-Brunswick
Richard Hall	Babcock & Wilcox Canada
Ed Gasior	GRI Canada
Jim Kirby	Ontario Power Generation
Jim Gurney	B.C. Hydro
David F. Peelo	B.C. Hydro

Groupe de travail 2 – Réseaux intelligents de livraison de l'électricité

Rudy M. Lepp	Rudy Lepp Enterprises, chef d'équipe
Christian Chouinard	Industrie Canada, secrétaire
Neil C. Burnett	Ontario Power Generation
Gary L. Ford	Ontario Power Generation
Lauri J. Hiivala	Alcatel Câbles Canada inc.
Roy Hoffman	CAE Électronique ltée
Louis Marquis	Hydro-Québec
Roger Miller	Université du Québec
Kip Morison	Powertech Labs Inc.
Gilles Naud	Systèmes M3i Inc.
Ron Scott	Ontario Hydro Services Co.
Rick Schwartzburg	PRECARN Associates Inc.
Dean Wallace	Alberta Research Council
James H. Gurney	B.C. Hydro
David F. Peelo	B.C. Hydro

Groupe de travail 3 – Efficience des utilisations finales et convergence

Louis Monier	CCE, chef d'équipe
Chris Morris	Industrie Canada, secrétaire
Peter Akers	Animateur du projet, Carte routière technologique, Industrie Canada
Mike Bell	Innovative Energy Systems
Gaétan Lantagne	Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies, Hydro-Québec
Sophie Hosatte	Laboratoire de recherche en diversification énergétique, Ressources naturelles Canada
Murray Bond	B.C. Hydro
Rolland Larochelle	Agence de l'efficacité énergétique, Ministère des Ressources naturelles du Québec
Richard Fry	Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, Ressources naturelles Canada
Graham Campbell	Bureau de la recherche et du développement énergétiques, Ressources naturelles Canada
Hamid Mohamed	Bureau de la recherche et du développement énergétiques, Ressources naturelles Canada
Terry Strack	Ontario Power Technologies
Russ Blades	AGRA — Monenco Inc.

Groupe de travail 4 – Production à petite échelle et énergie renouvelable

Mark Tinkler	Ontario Power Technologies, chef d'équipe
Russ Blades	AGRA — Monenco Inc., chef d'équipe
Chris Morris	Industrie Canada, secrétaire
Nguyen Yen	Ontario Power Technologies
Kinyoung Tea	Hydro-Québec
Terry McCullough	B.C. Hydro
Benoit Drolet	Ministère des Ressources naturelles du Québec
John Miseresky	Enbridge Consumers Gas
Matthew Fairlie	Stuart Energy Systems Inc.
Ed Gasior	GRI Canada
Rob Brandon	Centre de la technologie de l'énergie de CANMET, Ressources naturelles Canada
André Filion	Laboratoire de recherche en diversification énergétique, Ressources naturelles Canada
Hamid Mohamid	Bureau de la recherche et du développement énergétiques, Ressources naturelles Canada
Lisa Dignard-Bailey	Laboratoire de recherche en diversification énergétique, Ressources naturelles Canada
Bruce Ander	Toromont Energy Ltd.
Ashok Vijh	Hydro-Québec
Mike Bell	Innovative Energy Systems
Murray Paterson	Ontario Power Generation
Terry Whitehead	Enbridge Consumers Gas